

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-302576
(P2003-302576A)

(43) 公開日 平成15年10月24日 (2003. 10. 24)

(51) Int.Cl.⁷ 識別記号

G 0 2 B 15/20
13/18

G 0 3 B 17/17

H 0 4 N 5/225

// H 0 4 N 101:00

F I

G 0 2 B 15/20

13/18

G 0 3 B 17/17

H 0 4 N 5/225

101:00

テーマコード(参考)

2 H 0 8 7

2 H 1 0 1

5 C 0 2 2

D

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2002-106378(P2002-106378)

(22) 出願日 平成14年4月9日(2002. 4. 9)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 三原 伸一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(74) 代理人 100097777

弁理士 韭澤 弘 (外7名)

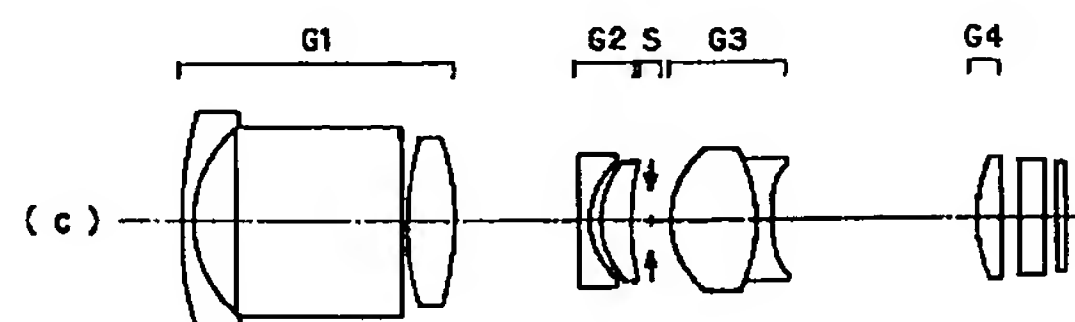
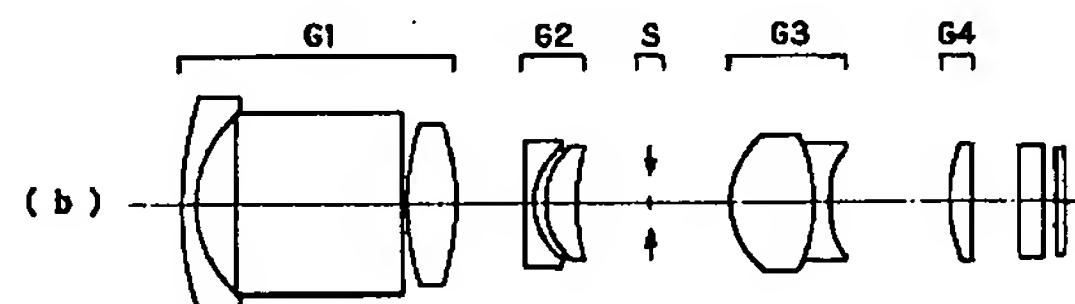
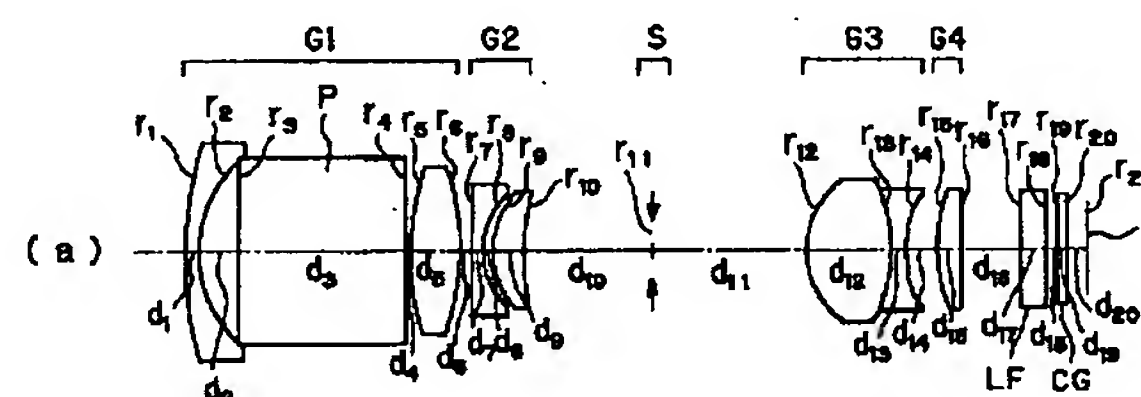
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ズームレンズとそれを用いた電子撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 光路を折り曲げる構成がとりやすく、高ズーム比、広画角、小さいF値、少ない収差等、高い光学仕様性能を有するズームレンズ。

【解決手段】 変倍時固定の第1レンズ群G1、負の屈折力を有し変倍時に移動する第2レンズ群G2、正の屈折力を有し変倍時に移動する第3レンズ群G3、正の屈折力を有し変倍時及び合焦動作時に移動する第4レンズ群G4を有し、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ、光路を折り曲げるための反射光学素子P、正レンズにて構成されており、無限遠物点合焦時において、第3レンズ群G3の変倍時の移動に対して第4レンズ群G4の移動軌跡が逆方向となるズームレンズ。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に、変倍時固定の第1レンズ群、負の屈折力を有し変倍時に移動する第2レンズ群、正の屈折力を有し変倍時に移動する第3レンズ群、正の屈折力を有し変倍時及び合焦動作時に移動する第4レンズ群を有し、前記第1レンズ群は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ、光路を折り曲げるための反射光学素子、正レンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 物体側より順に、変倍時固定の第1レンズ群、負の屈折力を有し変倍時に移動する第2レンズ群、正の屈折力を有し変倍時に移動する第3レンズ群、正の屈折力を有し変倍時及び合焦動作時に移動する第4レンズ群を有し、前記第1レンズ群は光路を折り曲げるための反射光学素子を有し、無限遠物点合焦時において、前記第3レンズ群の変倍時の移動に対して前記第4レンズ群の移動軌跡が逆方向となることを特徴とするズームレンズ。

【請求項3】 無限遠物点合焦時において、前記第3レンズ群の変倍時の移動に対して前記第4レンズ群の移動軌跡が逆方向となることを特徴とする請求項1記載のズームレンズ。

【請求項4】 合焦動作時に前記第4レンズ群のみが移動することを特徴とする請求項1から3の何れか1項記載のズームレンズ。

【請求項5】 前記第3レンズ群は正レンズと負レンズとを接合した接合レンズ成分を少なくとも1つ含み、かつ、前記第3レンズ群は両側の面が非球面で構成された少なくとも1つのレンズ成分を含むことを特徴とする請求項1から4の何れか1項記載のズームレンズ。

【請求項6】 以下の条件(1)、(2)を満足することを特徴とする請求項1又は3記載のズームレンズ。

$$(1) \quad 1.4 < -f_{11} / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 2.4$$

$$(2) \quad 1.2 < f_{12} / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 2.2$$

ただし、 f_{11} は第1レンズ群の負メニスカスレンズの焦点距離、 f_{12} は第1レンズ群の正レンズの焦点距離、 f_W 、 f_T はそれぞれズームレンズ全系の広角端、望遠端の焦点距離である。

【請求項7】 請求項1から6の何れか1項記載のズームレンズと、その像側に配された電子撮像素子とを有することを特徴とする電子撮像装置。

【請求項8】 請求項1、3、6の何れか1項記載のズームレンズと、その像側に配された電子撮像素子とを有し、前記ズームレンズが以下の条件(3)を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$(3) \quad 0.8 < d/L < 2.0$$

ただし、 d は第1レンズ群の負メニスカスレンズの像側面から正レンズの物体側面までの光軸に沿って測ったときの空気換算長、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ズームレンズとそれを用いた電子撮像装置に関し、特に、ズームレンズ等の光学系部分の工夫により奥行き方向の薄型化を実現した、ビデオカメラやデジタルカメラを始めとする電子撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、銀塩35mmフィルム(135フォーマット)カメラに代わる次世代カメラとしてデジタルカメラ(電子カメラ)が注目されてきている。さらに、それは業務用高機能タイプからポータブルな普及タイプまで幅広い範囲でいくつものカテゴリーを有するようになってきている。

【0003】本発明においては、特にポータブルな普及タイプのカテゴリーに注目し、高画質を確保しながら奥行きが薄く使い勝手の良好なビデオカメラ、デジタルカメラを実現する技術を提供することをねらっている。

【0004】カメラの奥行き方向を薄くするのに最大のネックとなっているのは、光学系、特にズームレンズ系の最も物体側の面から撮像面までの厚みである。

【0005】最近におけるカメラボディ薄型化技術の主流は、撮影時には光学系がカメラボディ内から突出しているが、携帯時には収納するいわゆる沈胴式鏡筒を採用することである。沈胴式鏡筒を採用して効果的に薄型化できる可能性を有する光学系の例としては、特開平11-194274、特開平11-287953、特開2000-9997等のものがある。これらは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1群、正の屈折力を含む第2群を有しており、共に変倍時には移動する。しかし、沈胴式鏡筒を採用するとレンズ収納状態から使用状態に立ち上げるための時間がかかり、使い勝手が悪く、防水・防塵上好ましくない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、沈胴式鏡筒に見られるようなカメラの使用状態への立ち上げ時間(レンズのせり出し時間)がなく、防水・防塵上も好ましく、また、奥行き方向が極めて薄いカメラとするために、光学系の光路(光軸)をミラー等の反射光学素子で折り曲げる構成がとりやすく、高ズーム比、広画角、小さいF値、少ない収差等、高い光学仕様性能を有するズームレンズとそれを用いた電子撮像装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明の1つのズームレンズは、物体側より順に、変倍時固定の第1レンズ群、負の屈折力を有し変倍時に移動する第2レンズ群、正の屈折力を有し変倍時に移動す

る第3レンズ群、正の屈折力を有し変倍時及び合焦動作時に移動する第4レンズ群を有し、前記第1レンズ群は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ、光路を折り曲げるための反射光学素子、正レンズにて構成されていることを特徴とするものである。

【0008】本発明のもう1つのズームレンズは、物体側より順に、変倍時固定の第1レンズ群、負の屈折力を有し変倍時に移動する第2レンズ群、正の屈折力を有し変倍時に移動する第3レンズ群、正の屈折力を有し変倍時及び合焦動作時に移動する第4レンズ群を有し、前記第1レンズ群は光路を折り曲げるための反射光学素子を有し、無限遠物点合焦時において、前記第3レンズ群の変倍時の移動に対して前記第4レンズ群の移動軌跡が逆方向となることを特徴とするものである。

【0009】以下に、本発明において上記構成をとる理由と作用について説明する。

【0010】本発明のズームレンズは、物体側より順に、変倍時固定の第1レンズ群、負の屈折力を有し変倍時に移動する第2レンズ群、正の屈折力を有し変倍時に移動する第3レンズ群、正の屈折力を有し変倍時及び合焦動作時に移動する第4レンズ群を有する構成を採用して、沈胴式鏡筒に見られるようなカメラの使用状態への立ち上げ時間（レンズのせり出し時間）がなく、防水・防塵上も有利なように、第1レンズ群を変倍時固定とし、また、カメラの奥行き方向を極めて薄くするために、レンズ系の最も物体側である第1レンズ群に光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ設けたものである。

【0011】しかし、第1レンズ群に光路を折り曲げるための反射光学素子を設けると、以下の2つの問題がある。

【0012】A. 入射瞳が深くなり、元々径の大きな第1レンズ群を構成する各レンズエレメントがさらに肥大化し、光路折り曲げの成立性が問題になる。

【0013】B. 元々変倍機能を有する第2レンズ群あるいは第3レンズ群以降の合成系の倍率がゼロに近くなり、移動量の割りに変倍率が低くなる。

【0014】まず、上記の折り曲げ成立条件について説明する。本発明のようなズーム形式は、例えば特開平10-62687や特開平11-258507にも見られるが、第1レンズ群に光路を折り曲げるための反射光学素子を設けると、必然的に入射瞳位置が深くなる傾向にあり、第1レンズ群を構成する各光学エレメントの径やサイズが肥大化し、光路折り曲げが物理的に成立し難くなる。したがって、第1レンズ群は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ、光路を折り曲げるための反射光学素子、正レンズから構成し、以下の条件を満足するとよい。

【0015】

$$(1) \quad 1.4 < -f_{11} / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 2.4$$

$$(2) \quad 1.2 < f_{12} / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 2.2$$

$$(3) \quad 0.8 < d / L < 2.0$$

$$(4) \quad 1.55 < n_{pri}$$

ただし、 f_{11} は第1レンズ群の負メニスカスレンズの焦点距離、 f_{12} は第1レンズ群の正レンズの焦点距離、 f_W 、 f_T はそれぞれズームレンズ全系の広角端、望遠端の焦点距離、 d は第1レンズ群の負メニスカスレンズの像側面から正レンズの物体側面までの光軸に沿って測ったときの空気換算長、 L は電子撮像素子の有効撮像領域（略矩形）の対角長、 n_{pri} は第1レンズ群の光路を折り曲げるための反射光学素子がプリズムの場合の d 線に対する媒質の屈折率である。

【0016】入射瞳を浅くして光路折り曲げを物理的に可能にするには、条件（1）、（2）のように、第1レンズ群の両サイドのレンズエレメントのパワーを強くするのがよい。両条件共に上限値のそれぞれ2.4、2.2を越えると、入射瞳は深いままであり、ある程度の画角を確保しようとする、第1レンズ群を構成する各光学エレメントの径やサイズが肥大化し、光路折り曲げが物理的に成立し難くなる。下限値のそれぞれ1.4、1.2を越えると、第1レンズ群に後続する変倍のために移動するレンズ群の取り得る倍率がゼロに近くなり、移動量が増大するか変倍比が小さくなる等の問題が生じやすいと同時に、歪曲収差等の軸外収差補正や色収差の補正が困難になる。

【0017】条件（3）は光路を折り曲げるための反射光学素子を設けるために必要な光軸に沿って測った長さの規定である。この条件の値は出来るだけ小さい方がよいが、その下限値の0.8を越えると、画面周辺部の結像に寄与する光束が満足に像面に達しないかあるいはゴーストが発生しやすい。上限値の2.0を越えると、条件（1）、（2）同様、光路折り曲げが物理的に成立し難くなる。

【0018】以上の観点から、条件（3）の空気換算長 d を短くするために第1レンズ群の光路折り曲げ素子は入射面と射出面が平面若しくは両サイドのレンズ面の曲率とは異なるプリズムとし、その媒質屈折率を条件（4）のように出来るだけ高くするのがよい。条件（4）下限値の1.55を越えると、光路折り曲げが物理的に成立し難くなる。さらには、 n_{pri} が1.90を越えないことが好ましい。1.90を越えると、プリズムが高価となり、また、全反射によるゴーストが発生しやすくなる。

【0019】なお、条件（1）～（4）の何れか1つ以上あるいは全てを以下のようにするとよりよい。

【0020】

$$(1)' \quad 1.5 < -f_{11} / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 2.2$$

$$(2)' \quad 1.3 < f_{12} / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 2.0$$

$$(3)' \quad 0.9 < d / L < 1.7$$

$$(4)' \quad 1.65 < n_{pri}$$

さらに、条件(1)～(4)の何れか1つ以上を以下のようにするとさらによい。特に全てを以下のようにすると最もよい。

【0021】

(1) " $1.6 < -f_{11} / \sqrt{f_W \cdot f_T} < 2.0$

(2) " $1.4 < f_{12} / \sqrt{f_W \cdot f_T} < 1.8$

(3) " $1.0 < d/L < 1.5$

(4) " $1.75 < n_{pri}$

ところで、本発明のズームレンズは、以下の条件(a)を満足することが望ましい。

【0022】(a) $1.8 < f_T / f_W$

ただし、 f_W 、 f_T はそれぞれズームレンズ全系の広角端、望遠端の焦点距離である。

【0023】この条件式の下限値の1.8を越えると、ズームレンズ全系の変倍比が1.8よりも小さいことを意味する。この場合に、さらには、 f_T / f_W が5.5を越えないことがより好ましい。5.5を越えると、変倍比が大きくなり、変倍時に移動するレンズ群の移動量が大きくなりすぎるために、光路を折り曲げた方向での大型化が起こり、コンパクトな撮像装置が構成できなくなる。

【0024】次に、変倍比確保について説明する。本発明の第1レンズ群が正の屈折力を有する場合、光路を折り曲げるための反射光学素子を有しない場合に比べて主点位置が明らかに像側になる。すると、同一の屈折力の場合、第1レンズ群による像点位置はより像側にできることになり、すなわち、第2レンズ群に対する物点位置がより遠くなる。したがって、第2レンズ群の倍率がゼロに近づき、移動しても全系の焦点距離の変化が少なくなる。それを解消するには、第1レンズ群の焦点距離を短く(一方では、全系焦点距離が所定より短くなる。)して、第2レンズ群の焦点距離をある程度長くして倍率を大きくする方法がある。また、本発明では第3レンズ群以降の合成系にも変倍機能を持たせられるので、両者の倍率や変倍率関係を巧みに設定して、ズームレンズ全系を効率良く変倍することが可能である。以下、条件

(5)、(6)、(7)はその具体的条件を定めるものである。

【0025】(5) $0.4 < -\beta_{2W} < 1.2$

(6) $0.1 < -\beta_{RW} < 0.5$

(7) $0 < \log \gamma_R / \log \gamma_2 < 1.3$

ただし、 β_{2W} は無遠物点合焦時の広角端における第2レンズ群の倍率、 β_{RW} は無遠物点合焦時の広角端における第3レンズ群とそれ以降の全てのレンズ群との合成系の合成倍率、 γ_2 は無遠物点合焦時の望遠端における第2レンズ群の倍率を β_{2T} としたときの β_{2T} / β_{2W} 、 γ_R は無遠物点合焦時の望遠端における第3レンズ群とそれ以降の全てのレンズ群との合成系の合成倍率を β_{RT} としたときの β_{RT} / β_{RW} である。

【0026】条件(5)、(6)のそれぞれ下限の0.

4、0.1を越えると、ズームレンズ全系において十分高い変倍率が得られないか、移動スペースが大きくなりすぎ、サイズが肥大化する。第1レンズ群の焦点距離が短くなりすぎたりペッツバル和が大きくなる等して各収差の補正が困難となる。条件(7)の上限の1.3を越えると、変倍によるF値や射出瞳位置の変動が大きくなりすぎ好ましくない。その下限の0を越えると、入射瞳が深くなりすぎて光路折り曲げが物理的に成立しに難くなる。また、何れにしてもズームレンズ全系において十分高い変倍率が得られないか、移動スペースが大きくなりすぎ、サイズが肥大化する。

【0027】なお、条件(5)～(7)の何れか1つ以上あるいは全てを以下のようにするとよりよい。

【0028】(5)' $0.4 < -\beta_{2W} < 1.1$

(6)' $0.20 < -\beta_{RW} < 0.45$

(7)' $0.15 < \log \gamma_R / \log \gamma_2 < 1.2$

さらに、条件(5)～(7)の何れか1つ以上を以下のようにするとさらによい。特に全てを以下のようにすると最もよい。

【0029】(5)" $0.6 < -\beta_{2W} < 1.0$

(6)" $0.25 < -\beta_{RW} < 0.4$

(7)" $0.25 < \log \gamma_R / \log \gamma_2 < 1.0$

条件(5)～(7)を達成するには、次の条件(8)、(9)のようにするとよい。

【0030】

(8) $1.6 < f_1 / \sqrt{f_W \cdot f_T} < 6.0$

(9) $1.1 < -f_2 / \sqrt{f_W \cdot f_T} < 2.2$

ただし、 f_1 は第1レンズ群の焦点距離、 f_2 は第2レンズ群の焦点距離、 f_W 、 f_T はそれぞれズームレンズ全系の広角端、望遠端の焦点距離である。

【0031】条件(8)の上限の6.0を越えると、ズームレンズ全系において十分高い変倍率が得られないか、移動スペースが大きくなりすぎ、サイズが肥大化する。下限の1.6を越えると、軸外収差補正や色収差補正が困難になる。

【0032】条件(9)の上限の2.2を越えると、第2レンズ群の倍率が上がる分だけ変倍効率は良くなるが、一方では同じ変倍率を得るための移動量は焦点距離に比例するため、却って効率を下げてしまうこともある。下限の1.1を越えると、第2レンズ群の倍率がゼロに近く変倍効率が悪い。

【0033】なお、条件(8)、(9)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0034】

(8)' $1.9 < f_1 / \sqrt{f_W \cdot f_T} < 4.5$

(9)' $1.2 < -f_2 / \sqrt{f_W \cdot f_T} < 2.0$

さらに、条件(8)、(9)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

【0035】

(8) " $2.2 < f_1 / \sqrt{f_W \cdot f_T} < 3.0$

(9) " $1.3 < -f_2 / \sqrt{f_W \cdot f_T} < 1.8$

さて、第2レンズ群の倍率を高く設定すると、もう1つの問題が発生する。第2レンズ群の倍率が高くなることは、すなわちもう1つの変倍機能を有する第3レンズ群以降の合成系に対する物点が遠くなり、倍率がゼロに近づいてしまい、第3レンズ群以降の合成系による変倍効率が下がってしまうことである。それを解消するためには、第3レンズ群以降の合成系の焦点距離をある程度長くすることと、主点が極力第2レンズ群の像点に近づくように構成するという方法がある。前者の場合は、以下の条件(10)を満たすとよい。

【0036】

(10) $0.8 < f_{RW} / \sqrt{f_W \cdot f_T} < 1.7$

ただし、 f_{RW} は広角端における第3レンズ群とそれ以降の全てのレンズ群との合成系の合成焦点距離、 f_W 、 f_T はそれぞれズームレンズ全系の広角端、望遠端の焦点距離である。

【0037】条件(10)の下限値の0.8を越えると、第3レンズ群以降の合成系による変倍効率が悪化する。上限値の1.7を越えると、条件(9)と同様の理由で変倍効率が悪化する。後者の場合は、第3レンズ群内に、

(b) $0 < R_p / f_W < 2$

を満足する物体側に凸の空気接触面からなる収斂面を少なくとも1つ有し、それよりも像側に、

(c) $0 < R_N / f_W < 4$

を満足する像側に凹の空気接触面からなる発散面を少なくとも1つ有するようにするとよい。ここで、 R_p 、 R_N はそれぞれ収斂面、発散面の光軸上での曲率半径である。それ以外の場合には、第3レンズ群の主点を第2レンズ群の像点に近づけることは困難である。

【0038】なお、以下のようにするとよりよい。

【0039】

(10)' $0.9 < f_{RW} / \sqrt{f_W \cdot f_T} < 1.5$

さらに、以下のようにすると最もよい。

【0040】

(10)" $1.0 < f_{RW} / \sqrt{f_W \cdot f_T} < 1.3$

なお、両者にとって特に好ましいのは、条件(11)のように、広角端から望遠端に変倍する際に第3レンズ群以降の合成系の焦点距離を増加させる方向である。

【0041】

(11) $1.0 < f_{RT} / f_{RW} < 2.5$

ただし、 f_{RW} は広角端における第3レンズ群とそれ以降の全てのレンズ群との合成系の合成焦点距離、 f_{RT} は望遠端における第3レンズ群とそれ以降の全てのレンズ群との合成系の合成焦点距離である。

【0042】条件(11)の下限の1.0を越えると、第3レンズ群以降の合成系による変倍効果が薄く、第2レンズ群の移動量が増大し入射瞳位置が深くなり、光路

折り曲げの成立性が低下する。上限の2.5を越えると、変倍によるF値の変動が大きくなりやすい。

【0043】なお、以下のようにするとよりよい。

【0044】

(11)' $1.1 < f_{RT} / f_{RW} < 2.3$

さらに、以下のようにすると最もよい。

【0045】

(11)" $1.2 < f_{RT} / f_{RW} < 2.1$

条件(11)を達成するために特に有効な方法は、本来高変倍率を得るために広角端において極力像面寄りに配される第3レンズ群とそれ以降の群の最も物体側の群(以降、第4レンズ群と呼ぶ。)について、逆にこれらを広角端にて出来るだけ物体側に寄せて配置し、望遠側に変倍する場合、第3レンズ群を物体側に、一方第4レンズ群を像側に移動させることである(無限遠物点合焦時)。

【0046】そして、以下の具体的条件(12)、(13)を満足するとよい。

【0047】

(12) $0.20 < -M_3 / M_2 < 1.50$

(13) $0.15 < -M_4 / M_3 < 1.00$

ただし、 M_2 は広角端から望遠端に至るまでの第2レンズ群の移動量、 M_3 は広角端から望遠端に至るまでの第3レンズ群の移動量、 M_4 は広角端から望遠端に至るまでの第4レンズ群の移動量であり、それぞれ像側への移動を正符号とする。

【0048】条件(12)の上限の1.50を越えると、変倍によるF値や射出瞳位置の変動が大きくなりすぎ好ましくない。下限の0.20を越えると、入射瞳が深くなりすぎて光路折り曲げが物理的に成立し難くなる。また、何れにしてもズームレンズ全系において十分高い変倍率が得られないか、移動スペースが大きくなりすぎ、サイズが肥大化する。

【0049】条件(13)の上限の1.00を越えると、第3レンズ群以降の合成系の倍率は高くなるが、主たる移動群がフォーカスを担う第4レンズ群であるため、フォーカス時の倍率変動が大きくなりやすく好ましくない。下限の0.15を越えると、第3レンズ群以降の合成系の主点位置が第2レンズ群の像点から遠ざかり、変倍効率が低下するか、第3レンズ群以降の合成系の焦点距離が長くなりやすいか、あるいは、第3レンズ群以降のレンズ構成に無理が生じ収差補正の足枷になる。

【0050】なお、条件(12)、(13)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0051】

(12)' $0.30 < -M_3 / M_2 < 1.40$

(13)' $0.20 < -M_4 / M_3 < 0.80$

さらに、条件(12)、(13)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のよ

うにすると最もよい。

【0052】

(12) " $0.40 < -M_3 / M_2 < 1.30$

(13) " $0.25 < -M_4 / M_3 < 0.60$

なお、合焦は第4レンズ群で行うのがよい。その場合、以下の条件(14)を満たすのがよい。

【0053】

(14) $0.10 < D_{34W} / f_W < 0.70$

ただし、 D_{34W} は広角端における無限遠物点合焦時の第3レンズ群と第4レンズ群との空気間隔、 f_W はズームレンズ全系の広角端の焦点距離である。

【0054】この条件式の下限の0.10を越えると、フォーカスのために移動するスペースがなく、第3レンズ群と第4レンズ群が干渉しやすい。上限の0.70を越えると、逆に変倍のための可動スペースが不足しやすい。

【0055】なお、以下のようにするとよりよい。

【0056】

(14)' $0.15 < D_{34W} / f_W < 0.60$

さらに、以下のようにすると最もよい。

【0057】

(14)" $0.20 < D_{34W} / f_W < 0.50$

一方、第4レンズ群を移動してフォーカスすると、一般的に非点収差が大きく崩れる傾向にある。特に、第3レンズ群までの残存非点収差を第4レンズ群で補正した場合に発生しやすい。したがって、第3レンズ群を構成する接合レンズ成分を含むレンズ成分の何れか1つのレンズ成分の両屈折面共に非球面とするのがよい。また、色収差も全般に光線高の高い第3レンズ群にて補正するのがよいため、第3レンズ群には正レンズと負レンズの接合レンズ成分を少なくとも1つ含むようにするとよい。ここでレンズ成分とは、光路に沿って両側のみが空間と接し、それ以外には光路中に空気接触面を有さないレンズであり、単レンズ又は接合レンズを意味する。

【0058】第3レンズ群の構成をより詳細に述べると、

1) 物体側から順に、正レンズと負レンズの接合レンズ成分と両面共非球面である単レンズの2群3枚による構成、

2) 物体側から順に、両面共非球面である単レンズと正レンズと負レンズの接合レンズ成分の2群3枚による構成、

3) 物体側から順に、両空気接触面共に非球面である正レンズと負レンズの接合レンズ成分のみの1群2枚による構成、の何れかがよい。何れの場合においても、これらの接合により、第3レンズ群を構成するレンズエレメント同士の相対偏心敏感度を緩和することができる。

【0059】さらに、このような第3レンズ群内の構成タイプ1)、2)、3)に対応してそれぞれ以下の条件(15-1)、(15-2)、(15-3)(収差補正

と偏心敏感度緩和に関する条件)を満たすとよい。

【0060】

(15-1) $1.05 < R_{C3} / R_{C1} < 3.00$

(15-2) $0.25 < R_{C3} / R_{C1} < 0.75$

(15-3) $1.20 < R_{C3} / R_{C1} < 3.60$

ただし、 R_{C1} は接合レンズ成分の最物体側面の光軸上での曲率半径、 R_{C3} は接合レンズ成分の最像側面の光軸上での曲率半径である。

【0061】これらの条件(15-1)、(15-2)、(15-3)のそれぞれの上限3.00、0.75、3.60を越えると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正には有利だが、接合による偏心敏感度の緩和の効果が少ない。それぞれの下限の1.05、0.25、1.20を越えると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正が困難になりやすい。

【0062】なお、以下のようにするとよりよい。

【0063】

(15-1)' $1.15 < R_{C3} / R_{C1} < 2.50$

(15-2)' $0.30 < R_{C3} / R_{C1} < 0.65$

(15-3)' $1.40 < R_{C3} / R_{C1} < 3.00$

さらに、以下のようにすると最もよい。

【0064】

(15-1)" $1.25 < R_{C3} / R_{C1} < 2.00$

(15-2)" $0.35 < R_{C3} / R_{C1} < 0.55$

(15-3)" $1.60 < R_{C3} / R_{C1} < 2.40$

さらには、第3レンズ群内の構成タイプ1)、2)、3)に対応してそれぞれ以下の色収差補正に関する条件(16-1)と(17-1)、(16-2)と(17-2)、(16-3)と(17-3)を満たすとよい。

【0065】

(16-1) $-0.7 < L / R_{C2} < 0.1$

(17-1) $1.0 < \nu_{CP} - \nu_{CN}$

(16-2) $-0.5 < L / R_{C2} < 0.3$

(17-2) $2.0 < \nu_{CP} - \nu_{CN}$

(16-3) $-0.9 < L / R_{C2} < -0.1$

(17-3) $1.0 < \nu_{CP} - \nu_{CN}$

ただし、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長(mm)、 R_{C2} は第3レンズ群の接合レンズ成分の接合面の光軸上での曲率半径、 ν_{CP} は第3レンズ群の接合レンズ成分の正レンズの媒質のd線基準でのアッベ数、 ν_{CN} は第3レンズ群の接合レンズ成分の負レンズの媒質のd線基準でのアッベ数である。なお、電子撮像素子については、広角端画角が 55° 以上を含むように使用することが前提である。

【0066】条件(16-1)、(16-2)、(16-3)の下限のそれぞれ-0.7、-0.5、-0.9を越えると、軸上色収差・倍率色収差の補正には有利だが、球面収差の色収差が発生しやすく、特に基準波長における球面収差が良好に補正できても、短波長の球面収差はオーバーコレクト状態となり、画像における色のに

じみの原因となるので好ましくない。上限のそれぞれ0.1、0.3、-0.1を越えると、軸上色収差・倍率色収差が補正不足や短波長球面収差のアンダーコレクト状態となりやすい。

【0067】条件(17-1)、(17-2)、(17-3)の下限のそれぞれ10、20、10を越えると、軸上色収差が補正不足になりやすい。条件(17-1)、(17-2)、(17-3)に上限として90を越えないように定めてもよい。上限値90を越える媒質の組み合わせが自然界には存在しない。さらには、 $v_{CP}-v_{CN}$ が60を越えないようにすることが好ましい。上限値60を越えると、用いる材料が高価となる。

【0068】なお、条件(16-1)と(17-1)、(16-2)と(17-2)、(16-3)と(17-3)のそれぞれ何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0069】

$$(16-1)' \quad -0.6 < L/R_{C2} < 0.0$$

$$(17-1)' \quad 1.5 < v_{CP}-v_{CN}$$

$$(18) \quad -4.00 < (R_{4F}+R_{4R})/(R_{4F}-R_{4R}) < 0.0$$

$$(19) \quad 0.10 < L/f_4 < 0.70$$

ただし、 R_{4F} は正レンズ成分の物体側の面の光軸上での曲率半径、 R_{4R} は正レンズ成分の像側の面の光軸上での曲率半径、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 f_4 は第4レンズ群の焦点距離である。

【0072】条件(18)の上限の0.0を越えると、第3レンズ群以降の合成系の主点が第2レンズ群による像点から遠ざかりやすく、変倍効率の面で好ましくない。下限の-4.00を越えると、フォーカス時の非点収差の変動が大きくなりやすい。

$$(18)' \quad -3.60 < (R_{4F}+R_{4R})/(R_{4F}-R_{4R}) < -0.40$$

$$(19)' \quad 0.15 < L/f_4 < 0.60$$

さらに、条件(18)、(19)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のよ

$$(18)'' \quad -3.20 < (R_{4F}+R_{4R})/(R_{4F}-R_{4R}) < -0.80$$

$$(19)'' \quad 0.20 < L/f_4 < 0.50$$

さらに、第2レンズ群についても焦点距離が長いため、物体側から順に、負レンズ、正レンズの2枚の構成で十分である。第1レンズ群と関連して、以下の条件(2

$$(20) \quad -0.80 < (R_{1PF}+R_{1PR})/(R_{1PF}-R_{1PR}) < 0.90$$

$$(21) \quad -0.10 < (R_{2NF}+R_{2NR})/(R_{2NF}-R_{2NR}) < 2.00$$

ただし、 R_{1PF} は第1レンズ群の正レンズの物体側の面の光軸上での曲率半径、 R_{1PR} は第1レンズ群の正レンズの像側の面の光軸上での曲率半径、 R_{2NF} は第2レンズ群の負レンズの物体側の面の光軸上での曲率半径、 R_{2NR} は第2レンズ群の負レンズの像側の面の光軸上での曲率半径である。

【0078】条件(20)の上限の0.90を越える

$$(16-2)' \quad -0.4 < L/R_{C2} < 0.2$$

$$(17-2)' \quad 2.5 < v_{CP}-v_{CN}$$

$$(16-3)' \quad -0.8 < L/R_{C2} < -0.2$$

$$(17-3)' \quad 1.5 < v_{CP}-v_{CN}$$

さらに、条件(16-1)と(17-1)、(16-2)と(17-2)、(16-3)と(17-3)のそれぞれの何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

【0070】

$$(16-1)'' \quad -0.5 < L/R_{C2} < -0.1$$

$$(17-1)'' \quad 2.0 < v_{CP}-v_{CN}$$

$$(16-2)'' \quad -0.3 < L/R_{C2} < 0.1$$

$$(17-2)'' \quad 3.0 < v_{CP}-v_{CN}$$

$$(16-3)'' \quad -0.7 < L/R_{C2} < -0.3$$

$$(17-3)'' \quad 2.0 < v_{CP}-v_{CN}$$

また、第4レンズ群に関しては、1つの正レンズ成分で構成し、以下の条件(18)、(19)を満足するとよい。

【0071】

【0073】条件(19)の上限値の0.70を越えると、変倍時に第3レンズ群と第4レンズ群を反対方向に動かす効果が出なくなる。下限値の0.10を越えると、フォーカス時の第4レンズ群の移動量が大きくなりすぎ好ましくない。

【0074】なお、条件(18)、(19)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0075】

うにすると最もよい。

【0076】

0)、(21)を満たすとよい。

【0077】

と、高次の倍率色収差が発生しやすく、下限の-0.80を越えると、入射瞳が深くなりやすい。

【0079】条件(21)の上限の2.00を越えると、コマ収差が、下限値の-0.10を越えると、樽型歪曲収差が発生しやすい。

【0080】なお、条件(20)、(21)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0081】

$$(20)' \quad -0.50 < (R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR}) < 0.70$$

$$(21)' \quad 0.20 < (R_{2NF} + R_{2NR}) / (R_{2NF} - R_{2NR}) < 1.50$$

さらに、条件(20)、(21)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のよ

うにすると最もよい。

【0082】

$$(20)'' \quad -0.20 < (R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR}) < 0.50$$

$$(21)'' \quad 0.50 < (R_{2NF} + R_{2NR}) / (R_{2NF} - R_{2NR}) < 1.00$$

なお、本発明の電子撮像装置においては、広角端全画角が 55° 以上であることを前提としている。この広角端全画角 55° 以上は、電子撮像装置に通常求められる広角端画角である。

【0083】また、その広角端全画角が 80° 以下であることが望ましい。広角端全画角が 80° を越えると、歪曲収差が起こりやすく、また、第1レンズ群を小型に構成することが難しくなる。したがって、電子撮像装置の薄型化が難しくなる。

【0084】以上、ズームレンズ部について厚さ方向を薄くしつつも結像性能を良好にする手段を提供した。

【0085】次に、フィルター類を薄くする件について言及する。電子撮像装置には、通常、赤外光が撮像面に入射しないように一定の厚みのある赤外吸収フィルターを撮像素子よりも物体側に挿入している。これを厚みのないコーティングに置き換えることを考える。当然その分薄くなる訳だが、副次的効果がある。ズームレンズ系後方にある撮像素子よりも物体側に、波長 600nm での透過率(τ_{600})が 80% 以上、 700nm での透過率(τ_{700})が 8% 以下の近赤外シャープカットコートを導入すると、吸収タイプよりも 700nm 以上の近赤外領域の透過率が低く、かつ、相対的に赤側の透過率が高くなり、補色モザイクフィルターを有するCCD等の固体撮像素子の欠点である青紫側のマゼンタ化傾向がゲイン調整により緩和され、原色フィルターを有するCCD等の固体撮像素子並みの色再現を得ることができる。また、原色補色に限らず、植物や人肌のように近赤外領域に強い反射率を有するものの色再現が改善される。

【0086】すなわち、

$$(22) \quad \tau_{600} / \tau_{550} \geq 0.8$$

$$(23) \quad \tau_{700} / \tau_{550} \leq 0.08$$

を満たすことが望ましい。ただし、 τ_{550} は波長 550nm での透過率である。

【0087】なお、条件(22)、(23)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

$$(22)' \quad \tau_{600} / \tau_{550} \geq 0.85$$

$$(23)' \quad \tau_{700} / \tau_{550} \leq 0.05$$

さらに、条件(22)、(23)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のよ

うにすると最もよい。

$$【0089】(22)'' \quad \tau_{600} / \tau_{550} \geq 0.9$$

$$(23)'' \quad \tau_{700} / \tau_{550} \leq 0.03$$

CCD等の固体撮像素子のもう1つの欠点は、近紫外域の波長 550nm に対する感度が人間の眼のそれよりもかなり高いことである。これも、近紫外域の色収差による画像のエッジ部の色にじみを目立たせている。特に光学系を小型化すると致命的である。したがって、波長 400nm での透過率(τ_{400})の 550nm でのそれ(τ_{550})に対する比が 0.08 を下回り、 440nm での透過率(τ_{440})の 550nm でのそれ(τ_{550})に対する比が 0.4 を上回るような吸収体あるいは反射体を光路上に挿入すれば、色再現上必要な波長域を失わず(良好な色再現を保ったまま)、色にじみなどのノイズがかなり軽減される。

【0090】すなわち、

$$(24) \quad \tau_{400} / \tau_{550} \leq 0.08$$

$$(25) \quad \tau_{440} / \tau_{550} \geq 0.4$$

を満たすことが望ましい。

【0091】なお、条件(24)、(25)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

$$【0092】(24)' \quad \tau_{400} / \tau_{550} \leq 0.06$$

$$(25)' \quad \tau_{440} / \tau_{550} \geq 0.5$$

さらに、条件(24)、(25)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

$$【0093】(24)'' \quad \tau_{400} / \tau_{550} \leq 0.04$$

$$(25)'' \quad \tau_{440} / \tau_{550} \geq 0.6$$

なお、これらのフィルターの設置場所は結像光学系と撮像素子の間がよい。

【0094】一方、補色フィルターの場合、その透過光エネルギーの高さから、原色フィルター付きCCDと比べ実質的感度が高く、かつ、解像的にも有利であるため、小型CCDを使用したときのメリットが大である。

【0095】また、光学系を短く薄くするには、もう一方のフィルターである光学的ローパスフィルターについても出来るだけ薄くするのがよい。一般的に、光学ローパスフィルターは水晶のような単軸結晶が有する複屈折作用を利用しているが、結晶軸がズームレンズの光軸に

対してなす角が 35° から 55° の範囲であり、かつ、各々の結晶軸を像面に投影したときの方向がそれぞれ異なる複数あるいは単独の水晶光学ローパスフィルターを含む場合、その中でズームレンズ光軸上に沿った厚みが

$$(26) \quad \begin{aligned} 0.08 < t_{LPF} / a < 0.16 & \quad (a < 4 \mu\text{m} \text{ のとき}) \\ 0.075 < t_{LPF} / a < 0.15 & \quad (a < 3 \mu\text{m} \text{ のとき}) \end{aligned}$$

ただし、 t_{LPF} (mm) はズームレンズの光軸に沿って最も厚くそれとのなす角が 35° から 55° の範囲に1つの結晶軸を有する光学的ローパスフィルターの厚み、 a は電子撮像素子の水平画素ピッチ (単位 μm) である。

【0097】1枚あるいは複数枚で構成された光学的ローパスフィルターの中最も厚いものは、その厚さがナイキスト限界周波数にて理論上コントラストがゼロになるように設定されており、およそ $a/5.88$ (mm) である。これよりも厚くすると、モアレ縞のような偽信号の防止には効果があるが、電子撮像素子の持つ分解能を十分に発揮できなくなり、薄くするとモアレ縞のような偽信号が十分に除去できない。しかし、モアレ縞のよう

$$(26)' \quad \begin{aligned} 0.075 < t_{LPF} / a < 0.15 & \quad (a < 4 \mu\text{m} \text{ のとき}) \\ 0.07 < t_{LPF} / a < 0.14 & \quad (a < 3 \mu\text{m} \text{ のとき}) \end{aligned}$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

$$(26)'' \quad \begin{aligned} 0.07 < t_{LPF} / a < 0.14 & \quad (a < 4 \mu\text{m} \text{ のとき}) \\ 0.065 < t_{LPF} / a < 0.13 & \quad (a < 3 \mu\text{m} \text{ のとき}) \end{aligned}$$

また、 $a < 4 \mu\text{m}$ において、光学的ローパスフィルターは薄くしすぎると加工が困難であるため、余り薄くせず、つまり条件(26)、(26)'、(26)''の上限を越えても、コントラストがゼロになる空間周波数(カットオフ周波数)を高くする別の方法がある。それは、光学的ローパスフィルターの結晶軸がズームレンズの光軸に対してなす角が 15° から 35° の範囲、若しくは、 55° から 75° となるようにするか、場合によっては光学的ローパスフィルターを省略することである。この角度の範囲においては入射光の常光線と異常光線への分離量が 45° 近傍のときよりも少なくなり、 0° 若しくは 90° になったときには分離しなくなる(ただし、 90° の場合は両者に速度差がつき位相差が発生する… $\lambda/4$ 板の原理)。

【0102】また、前述のごとく画素ピッチが小さくなると、回折の影響でそれに見合った高い空間周波数の結像性能が劣化してくるため、Fナンバーを大きくすることが困難である。したがって、カメラにしたときの開口絞りの種類は幾何収差による劣化の大きな開放と、回折限界近傍の絞り値の2種類のみとしてもよい。その場合、前述の光学的ローパスフィルターはなくても可である。

【0103】特に画素ピッチが小さく、開放時の結像性能が最も良い場合等は、撮像面への入射光束サイズを規制する手段として、内径が可変であったり、内径の異なるものと入れ換える方法を用いず、常に内径が固定の開

最も厚いフィルターの厚み t_{LPF} (mm) を以下の条件を満たすようにするとよい。

【0096】

な偽信号はズームレンズ等の撮影レンズの結像性能とも深く関連し、結像性能が高い場合はモアレ縞のような偽信号が発生しやすいので、光学的ローパスフィルターはやや厚めに、逆の場合はやや薄めに設定するのがよい。

【0098】一方、画素ピッチが小さくなるにつれて結像レンズ系の回折の影響によりナイキスト限界以上の周波数成分のコントラストが減少するため、モアレ縞のような偽信号の発生は少なくなる。したがって、 $a/5.88$ (mm) より数%乃至数十%程度薄くすると、むしろナイキスト限界に相当する周波数以下の空間周波数でのコントラストが向上し好ましい。

【0099】なお、以下のようにするとよりよい。

【0100】

【0101】

口絞りとしてもよい。その場合、開口絞りに隣接するレンズ面は少なくとも一方はその開口絞りに向かって凸面を向けており、その何れかの隣接するレンズ面が開口絞り内径部を貫通するようにすると、絞りによる無駄なスペースがなく、光学系の全長短縮に寄与する。また、開口絞りとは、レンズ面を1つ以上隔てた光軸を含む何れかの空間に透過率が90%以下の光学素子(出来れば入射面、射出面が共に平面がよい。)を配したり、透過率の異なる別の光学素子と入れ換える手段を持つとよい。

【0104】あるいは、開口サイズが固定の複数の開口を有し、その中の1つを第1群の最も像側のレンズ面と第3群の最も物体側のレンズ面の間の何れかの光路内に挿入でき、かつ、他のものと交換可能とすることで、像面照度を調節することができる電子撮像装置としておき、その複数の開口の中、一部の開口内に550nmに対する透過率がそれぞれ異なりかつ80%未満であるような媒体を有するようにして光量調節を行うのがよい。あるいは、 $a(\mu\text{m})/F$ ナンバー < 0.4 となるようなF値に相当する光量になるように調節を実施する場合は、開口内に550nmに対する透過率がそれぞれ異なりかつ80%未満の媒体を有する電子撮像装置とするのがよい。例えば、開放値から上記条件の範囲外ではその媒体なしあるいは550nmに対する透過率が91%以上のダミー媒質としておき、範囲内のときは回折の影響が出る程に開口絞り径を小さくするのではなく、NDフィルターのようなもので光量調節するのがよい。

【0105】また、上記の複数の開口をそれぞれ径をF値に反比例して小さくしたものにして揃えておき、NDフィルターの代わりに、それぞれ周波数特性の異なる光学的ローパスフィルターを開口内に入れておくのでもよい。絞り込むにつれて回折劣化が大きくなるので、開口径が小さくなる程光学フィルターの周波数特性を高く設定しておくといよい。

【0106】なお、広角端の開放F値と使用する画素ピッチ $a\mu\text{m}$ との関係において、 $F > a$ を満たす場合は、光学的ローパスフィルターはなくてもよい。つまり、ズームレンズ系と電子撮像素子間の光路上の媒質は全て空気あるいは非結晶媒質のみとしてよい。回折と幾何収差による結像特性の劣化のために、折り返し歪みを発生させ得る周波数成分がほとんどないためである。

【0107】なお、上記の各条件式や後記する本発明のズームレンズとそれを用いた電子撮像装置の構成は適宜組み合わせることにより、良好なズームレンズ又は電子撮像装置を構成することができる。

【0108】また、上記の各条件式においては、その上限値のみ若しくは下限値のみを、より好ましい条件式の上下限値より限定してもよい。また、後記の各実施例のこれらの条件式に対応する値も、各条件式の上限又は下限まで変更し得るものである。

【0109】

【発明の実施の形態】以下、本発明のズームレンズの実施例1～5について説明する。実施例1～5の無限遠物点合焦時の広角端(a)、中間状態(b)、望遠端

(c)でのレンズ断面図をそれぞれ図1～図5に示す。各図中、第1レンズ群はG1、第2レンズ群はG2、絞りはS、第3レンズ群はG3、第4レンズ群はG4、光学的ローパスフィルターはLF、電子撮像素子であるCCDのカバーガラスはCG、CCDの像面はIで示してある。また、第1レンズ群中G1中の光路折り曲げプリズムを展開した平行平板はPで示してある。なお、光学的ローパスフィルターLFの最大厚みについては後記する。なお、近赤外シャープカットコートについては、例えば光学的ローパスフィルターLFに直接コートを施してもよく、また、別に赤外カット吸収フィルターを配置してもよく、あるいは、透明平板の入射面に近赤外シャープカットコートしたものを用いてもよい。

【0110】光路折り曲げプリズムPは、代表例として例えば実施例1のズームレンズの広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における光路図を図6に示すように、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成される。

【0111】実施例1のズームレンズは、図1に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、両凸正レンズとからなる第1レンズ群G1、両凹負レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる第2レンズ群G2、開口絞りS、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズからなる第3レンズ群

G3、物体側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1、開口絞りSは固定で、第2レンズ群G2は像面側へ移動し、第3レンズ群G3は物体側へ移動し、第4レンズ群G4は像面側へ移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第4レンズ群G4は物体側へ繰り出される。

【0112】非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、第3レンズ群G3の最も物体側の面と最も像面側の面、第4レンズ群G4の物体側の面の5面に用いられている。

【0113】実施例2のズームレンズは、図2に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、両凸正レンズとからなる第1レンズ群G1、両凹負レンズと、両凸正レンズとからなる第2レンズ群G2、開口絞りS、両凸正レンズと、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズとからなる第3レンズ群G3、物体側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1、開口絞りSは固定で、第2レンズ群G2は像面側へ移動し、第3レンズ群G3は物体側へ移動し、第4レンズ群G4は像面側へ移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第4レンズ群G4は物体側へ繰り出される。

【0114】非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの像面側の面、第3レンズ群G3の物体側の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の物体側の面の4面に用いられている。

【0115】実施例3のズームレンズは、図3に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、両凸正レンズとからなる第1レンズ群G1、両凹負レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる第2レンズ群G2、開口絞りS、両凸正レンズと、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズとからなる第3レンズ群G3、物体側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1、開口絞りSは固定で、第2レンズ群G2は像面側へ移動し、第3レンズ群G3は物体側へ移動し、第4レンズ群G4は像面側へ移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第4レンズ群G4は物体側へ繰り出される。

【0116】非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの像面側の面、第3レンズ群G3の物体側の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の物体側の面の4面に用いられている。

【0117】実施例4のズームレンズは、図4に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、両凸正レンズとからなる第1レンズ群G1、両凹負レンズと、両凸正レンズとからなる第2レンズ群G2、開口絞りS、両凸正レンズと両凹負レンズ

の接合レンズと、物体側に凸のメニスカスレンズとからなる第3レンズ群G3、物体側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1、開口絞りSは固定で、第2レンズ群G2は像面側へ移動し、第3レンズ群G3は物体側へ移動し、第4レンズ群G4は一旦物体側へ若干移動し、その後像面側へ移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第4レンズ群G4は物体側へ繰り出される。

【0118】非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、第3レンズ群G3の接合レンズの物体側の面、メニスカスレンズの両面の5面に用いられている。

【0119】実施例5のズームレンズは、図5に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、両凸正レンズとからなる第1レンズ群G1、両凹負レンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズからなる第2レンズ群G2、開口絞りS、両凸正レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズとからなる第3レンズ群G3、物体側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1、開口絞りSは固定で、第2レンズ群G2は像面側へ移動し、第3レンズ

群G3は物体側へ移動し、第4レンズ群G4は像面側へ移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第4レンズ群G4は物体側へ繰り出される。

【0120】非球面は、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズの像面側の面、第3レンズ群G3の物体側の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の物体側の面の4面に用いられている。

【0121】以下に、上記各実施例の数値データを示すが、記号は上記の外、fは全系焦点距離、 ω は半画角、F_{N0}はFナンバー、WEは広角端、STは中間状態、TEは望遠端、 r_1 、 r_2 …は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 d_2 …は各レンズ面間の間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} …は各レンズのd線の屈折率、 v_{d1} 、 v_{d2} …は各レンズのアッベ数である。なお、非球面形状は、xを光の進行方向を正とした光軸とし、yを光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

$$【0122】 x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (K + 1)(y / r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

ただし、rは近軸曲率半径、Kは円錐係数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

【0123】

実施例1

$r_1 =$	31.0100	$d_1 =$	1.0000	$n_{d1} =$	1.80100	$v_{d1} =$	34.97
$r_2 =$	9.9641	$d_2 =$	2.9000				
$r_3 =$	∞	$d_3 =$	12.0000	$n_{d2} =$	1.80610	$v_{d2} =$	40.92
$r_4 =$	∞	$d_4 =$	0.3000				
$r_5 =$	23.6950	$d_5 =$	3.5400	$n_{d3} =$	1.74100	$v_{d3} =$	52.64
$r_6 =$	-23.6475	$d_6 =$	(可変)				
$r_7 =$	-377.9014 (非球面)	$d_7 =$	0.8000	$n_{d4} =$	1.80610	$v_{d4} =$	40.92
$r_8 =$	6.4536 (非球面)	$d_8 =$	0.7000				
$r_9 =$	6.8913	$d_9 =$	2.2000	$n_{d5} =$	1.75520	$v_{d5} =$	27.51
$r_{10} =$	16.1043	$d_{10} =$	(可変)				
$r_{11} =$	∞ (絞り)	$d_{11} =$	(可変)				
$r_{12} =$	7.5543 (非球面)	$d_{12} =$	6.1695	$n_{d6} =$	1.74320	$v_{d6} =$	49.34
$r_{13} =$	-13.0000	$d_{13} =$	1.0000	$n_{d7} =$	1.84666	$v_{d7} =$	23.78
$r_{14} =$	13.1848 (非球面)	$d_{14} =$	(可変)				
$r_{15} =$	12.3030 (非球面)	$d_{15} =$	1.8000	$n_{d8} =$	1.74320	$v_{d8} =$	49.34
$r_{16} =$	1061.3553	$d_{16} =$	(可変)				
$r_{17} =$	∞	$d_{17} =$	1.9000	$n_{d9} =$	1.54771	$v_{d9} =$	62.84
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.8000				
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	0.7500	$n_{d10} =$	1.51633	$v_{d10} =$	64.14
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	1.3565				
$r_{21} =$	∞ (像面)						

非球面係数

第7面

$$K = 0$$

$$A_4 = 5.2999 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.1607 \times 10^{-5}$$

A₈ = 1.8300 × 10⁻⁷
A₁₀= 0.0000
第8面
K = 0
A₄ = 5.8050 × 10⁻⁴
A₆ = -1.0603 × 10⁻⁵
A₈ = -7.5526 × 10⁻⁷
A₁₀= 0.0000
第12面
K = 0
A₄ = 5.1734 × 10⁻⁵
A₆ = 1.0455 × 10⁻⁶
A₈ = -3.4185 × 10⁻⁸
A₁₀= 0.0000
第14面
K = 0
A₄ = 8.4429 × 10⁻⁴
A₆ = 2.1473 × 10⁻⁵
A₈ = 7.3738 × 10⁻⁷
A₁₀= 0.0000
第15面
K = 0
A₄ = -6.2738 × 10⁻⁵
A₆ = 7.6642 × 10⁻⁶
A₈ = -2.0106 × 10⁻⁷
A₁₀= 0.0000

ズームデータ (∞)

	W E	S T	T E
f (mm)	6.01125	10.40282	17.99133
F N0	2.5820	3.5145	4.7679
ω (°)	32.7	19.6	11.4
d ₆	0.78801	4.80346	8.70695
d ₁₀	9.39271	5.38074	1.47422
d ₁₁	11.13320	5.78312	1.48451
d ₁₄	2.19671	8.56256	14.78227
d ₁₆	4.12457	3.11055	1.18821

【0124】

実施例2

r ₁ =	31.1674	d ₁ =	1.0000	n _{d1} =	1.80518	ν _{d1} =	25.42
r ₂ =	10.0082	d ₂ =	2.8000				
r ₃ =	∞	d ₃ =	12.0000	n _{d2} =	1.80610	ν _{d2} =	40.92
r ₄ =	∞	d ₄ =	0.3000				
r ₅ =	38.3752	d ₅ =	3.3000	n _{d3} =	1.77250	ν _{d3} =	49.60
r ₆ =	-19.0539	d ₆ =	(可変)				
r ₇ =	-27.7782	d ₇ =	1.0000	n _{d4} =	1.80610	ν _{d4} =	40.92
r ₈ =	5.9968 (非球面)	d ₈ =	0.7000				
r ₉ =	8.0742	d ₉ =	2.3000	n _{d5} =	1.75520	ν _{d5} =	27.51
r ₁₀ =	-358.1053	d ₁₀ =	(可変)				
r ₁₁ =	∞ (絞り)	d ₁₁ =	(可変)				
r ₁₂ =	8.4600 (非球面)	d ₁₂ =	2.5000	n _{d6} =	1.74320	ν _{d6} =	49.34

r 13=	-116.7590 (非球面)	d 13=	0.1500		
r 14=	8.8060	d 14=	3.0000	n _{d7} =1.60311	ν _{d7} =60.64
r 15=	-40.0000	d 15=	0.7000	n _{d8} =1.84666	ν _{d8} =23.78
r 16=	4.6054	d 16=	(可変)		
r 17=	6.7337 (非球面)	d 17=	1.9700	n _{d9} =1.69350	ν _{d9} =53.21
r 18=	14.1820	d 18=	(可変)		
r 19=	∞	d 19=	1.9000	n _{d10} =1.54771	ν _{d10} =62.84
r 20=	∞	d 20=	0.8000		
r 21=	∞	d 21=	0.7500	n _{d11} =1.51633	ν _{d11} =64.14
r 22=	∞	d 22=	1.3596		
r 23=	∞ (像面)				

非球面係数

第8面

K = 0

A₄ =-2.7926 ×10⁻⁴

A₆ =-5.5281 ×10⁻⁶

A₈ =-3.0031 ×10⁻⁷

A₁₀= 0.0000

第12面

K = 0

A₄ =-1.0549 ×10⁻⁴

A₆ =-1.1474 ×10⁻⁶

A₈ =-5.2653 ×10⁻⁸

A₁₀= 0.0000

第13面

K = 0

A₄ =-4.5663 ×10⁻⁵

A₆ = 6.3255 ×10⁻⁶

A₈ =-3.7416 ×10⁻⁷

A₁₀= 0.0000

第17面

K = 0

A₄ =-3.4690 ×10⁻⁴

A₆ = 2.1996 ×10⁻⁶

A₈ =-1.8422 ×10⁻⁷

A₁₀= 0.0000

ズームデータ (∞)

	W E	S T	T E
f (mm)	6.00633	10.39946	17.99885
F N0	2.8069	3.3441	4.0747
ω (°)	32.4	18.9	10.9
d 6	0.79862	7.41546	13.08585
d 10	13.68612	7.06296	1.39894
d 11	7.73864	4.51502	1.19986
d 16	1.69904	5.23999	10.27759
d 18	3.54003	3.22246	1.50021

【0125】

実施例3

r 1 =	31.4475	d 1 =	1.0000	n _{d1} =1.80518	ν _{d1} =25.42
r 2 =	10.0029	d 2 =	2.8000		

r 3 =	∞	d 3 =	12.0000	n d2 =	1.80610	ν d2 =	40.92
r 4 =	∞	d 4 =	0.3000				
r 5 =	40.9109	d 5 =	3.1000	n d3 =	1.77250	ν d3 =	49.60
r 6 =	-18.5523	d 6 =	(可変)				
r 7 =	-27.7365	d 7 =	0.9000	n d4 =	1.80610	ν d4 =	40.92
r 8 =	6.1675 (非球面)	d 8 =	0.6000				
r 9 =	7.8689	d 9 =	2.5000	n d5 =	1.75520	ν d5 =	27.51
r 10 =	541.9130	d 10 =	(可変)				
r 11 =	∞ (絞り)	d 11 =	(可変)				
r 12 =	6.8303 (非球面)	d 12 =	2.2000	n d6 =	1.74320	ν d6 =	49.34
r 13 =	-168.3254 (非球面)	d 13 =	0.1500				
r 14 =	10.3767	d 14 =	2.5000	n d7 =	1.60311	ν d7 =	60.64
r 15 =	-100.0000	d 15 =	0.7000	n d8 =	1.84666	ν d8 =	23.78
r 16 =	4.2552	d 16 =	(可変)				
r 17 =	6.4363 (非球面)	d 17 =	2.0000	n d9 =	1.58313	ν d9 =	59.38
r 18 =	16.8235	d 18 =	(可変)				
r 19 =	∞	d 19 =	1.5000	n d10 =	1.54771	ν d10 =	62.84
r 20 =	∞	d 20 =	0.8000				
r 21 =	∞	d 21 =	0.7500	n d11 =	1.51633	ν d11 =	64.14
r 22 =	∞	d 22 =	1.3596				
r 23 =	∞ (像面)						

非球面係数

第 8 面

K = 0

A₄ = -2.1223 × 10⁻⁴

A₆ = -3.9476 × 10⁻⁶

A₈ = -2.3492 × 10⁻⁷

A₁₀ = 0.0000

第 1 2 面

K = 0

A₄ = -9.9966 × 10⁻⁵

A₆ = -4.8770 × 10⁻⁶

A₈ = 7.8835 × 10⁻⁷

A₁₀ = 0.0000

第 1 3 面

K = 0

A₄ = 1.6853 × 10⁻⁴

A₆ = 4.2908 × 10⁻⁶

A₈ = 8.3613 × 10⁻⁷

A₁₀ = 0.0000

第 1 7 面

K = 0

A₄ = -3.5205 × 10⁻⁴

A₆ = -1.4117 × 10⁻⁶

A₈ = -1.1635 × 10⁻⁷

A₁₀ = 0.0000

ズームデータ (∞)

	W E	S T	T E
f (mm)	6.00728	10.39935	17.99830
F NO	2.7463	3.3017	4.0273

【0126】

$\omega (^{\circ})$	32.4	18.9	11.0
d6	0.79769	7.29414	13.01239
d10	13.61214	7.11013	1.39751
d11	7.70485	4.37777	1.19903
d16	1.69969	5.42936	10.44566
d18	3.74084	3.33843	1.50064

実施例4

r1 = 32.0016	d1 = 1.0000	nd1 =1.75520	vd1 =27.51
r2 = 10.0102	d2 = 2.8000		
r3 = ∞	d3 = 12.0000	nd2 =1.80610	vd2 =40.92
r4 = ∞	d4 = 0.3000		
r5 = 23.5519	d5 = 3.1000	nd3 =1.72916	vd3 =54.68
r6 = -24.7555	d6 = (可変)		
r7 = -21.9861 (非球面)	d7 = 0.9000	nd4 =1.80610	vd4 =40.92
r8 = 5.7215 (非球面)	d8 = 0.6000		
r9 = 7.9386	d9 = 2.5000	nd5 =1.78470	vd5 =26.29
r10= -388.5176	d10= (可変)		
r11= ∞ (絞り)	d11= (可変)		
r12= 5.6674 (非球面)	d12= 4.0000	nd6 =1.74320	vd6 =49.34
r13= -19.0000	d13= 0.7000	nd7 =1.84666	vd7 =23.78
r14= 7.7986	d14= 0.3000		
r15= 3.8662 (非球面)	d15= 1.0000	nd8 =1.69350	vd8 =53.21
r16= 3.6817 (非球面)	d16= (可変)		
r17= 13.0325	d17= 2.0000	nd9 =1.48749	vd9 =70.23
r18= 201.0398	d18= (可変)		
r19= ∞	d19= 1.5000	nd10=1.54771	vd10=62.84
r20= ∞	d20= 0.8000		
r21= ∞	d21= 0.7500	nd11=1.51633	vd11=64.14
r22= ∞	d22= 1.3599		
r23= ∞ (像面)			

非球面係数

第7面

K = 0
A4 = 2.0496 × 10⁻⁴
A6 = -3.4919 × 10⁻⁶
A8 = 7.4208 × 10⁻⁹
A10= 0.0000

第8面

K = 0
A4 = -3.6883 × 10⁻⁴
A6 = 3.4613 × 10⁻⁶
A8 = -9.0209 × 10⁻⁷
A10= 0.0000

第12面

K = 0
A4 = 5.4882 × 10⁻⁴
A6 = -1.8282 × 10⁻⁵
A8 = 1.6707 × 10⁻⁶
A10= 0.0000

第15面

K = 0
A4 = -8.1049 × 10⁻³
A6 = -4.3019 × 10⁻⁴
A8 = -3.1973 × 10⁻⁵
A10 = 0.0000

第16面

K = 0
A4 = -6.4092 × 10⁻³
A6 = -7.3362 × 10⁻⁴
A8 = 2.9898 × 10⁻⁵
A10 = 0.0000

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	6.00844	10.40337	17.99810
FNO	2.7659	2.9849	4.0444
ω (°)	32.6	19.2	11.3
d6	0.80018	8.47206	12.07930
d10	12.67757	5.00686	1.39837
d11	6.26991	5.19965	1.19782
d16	1.70036	2.60388	9.42234
d18	4.14771	4.30945	1.49796

【0127】

実施例5

r1 = 37.5126	d1 = 1.0000	nd1 = 1.78470	vd1 = 26.29
r2 = 9.9406 (非球面)	d2 = 2.8000		
r3 = ∞	d3 = 12.0000	nd2 = 1.80610	vd2 = 40.92
r4 = ∞	d4 = 0.3000		
r5 = 33.8530	d5 = 3.1000	nd3 = 1.77250	vd3 = 49.60
r6 = -21.7247	d6 = (可変)		
r7 = -22.9665	d7 = 0.9000	nd4 = 1.77250	vd4 = 49.60
r8 = 7.9115	d8 = 2.5000	nd5 = 1.71736	vd5 = 29.52
r9 = 55.6404	d9 = (可変)		
r10 = ∞ (絞り)	d10 = (可変)		
r11 = 8.1626 (非球面)	d11 = 2.2000	nd6 = 1.74320	vd6 = 49.34
r12 = -278.0091 (非球面)	d12 = 0.1500		
r13 = 7.0366	d13 = 2.5000	nd7 = 1.60311	vd7 = 60.64
r14 = 50.0000	d14 = 0.7000	nd8 = 1.84666	vd8 = 23.78
r15 = 4.2115	d15 = (可変)		
r16 = 6.7994 (非球面)	d16 = 2.0000	nd9 = 1.58313	vd9 = 59.38
r17 = 13.6965	d17 = (可変)		
r18 = ∞	d18 = 1.5000	nd10 = 1.54771	vd10 = 62.84
r19 = ∞	d19 = 0.8000		
r20 = ∞	d20 = 0.7500	nd11 = 1.51633	vd11 = 64.14
r21 = ∞	d21 = 1.3586		
r22 = ∞ (像面)			

非球面係数

第2面

K = 0
A4 = -4.8339 × 10⁻⁵

$A_6 = 1.9771 \times 10^{-7}$
 $A_8 = -1.3364 \times 10^{-8}$
 $A_{10} = 0.0000$
第11面
 $K = 0$
 $A_4 = -2.9041 \times 10^{-4}$
 $A_6 = 2.3089 \times 10^{-5}$
 $A_8 = -1.0828 \times 10^{-6}$
 $A_{10} = 0.0000$
第12面
 $K = 0$
 $A_4 = -1.9946 \times 10^{-4}$
 $A_6 = 3.1348 \times 10^{-5}$
 $A_8 = -1.4447 \times 10^{-6}$
 $A_{10} = 0.0000$
第16面
 $K = 0$
 $A_4 = -2.4256 \times 10^{-4}$
 $A_6 = -6.3914 \times 10^{-6}$
 $A_8 = 1.6763 \times 10^{-7}$
 $A_{10} = 0.0000$

ズームデータ (∞)

	W E	S T	T E
f (mm)	6.02709	10.40552	17.99646
F N0	2.6193	3.3129	4.0433
ω (°)	32.3	18.9	11.0
d6	0.80042	6.82411	13.07966
d9	13.67313	7.63416	1.39413
d10	7.94928	4.18630	1.19879
d15	1.69392	6.18157	10.44930
d17	3.50041	2.76626	1.49565

【0128】 以上の実施例1～5の無限遠物点合焦時の収差図をそれぞれ図7～図11に示す。これらの収差図において、(a)は広角端、(b)は中間状態、(c)は望遠端における球面収差SA、非点収差AS、歪曲収差DT、倍率色収差CCを示す。

(25)の値、条件(26)に関するa、t_{LPF}及びLの値を示す。なお、条件(15)～(17)はそれぞれ(15-1)～(15-3)、(16-1)～(16-3)、(17-1)～(17-3)を意味する。

【0130】

【0129】 次に、上記各実施例における条件(1)～

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
(1)	1.80053	1.79882	1.78926	1.89185	1.68172
(2)	1.58638	1.62590	1.62599	1.63599	1.68575
(3)	1.34851	1.33482	1.33482	1.33482	1.33482
(4)	1.80610	1.80610	1.80610	1.80610	1.80610
(5)	0.91863	0.80674	0.81555	0.65256	0.69581
(6)	0.27229	0.29553	0.29058	0.35869	0.29828
(7)	0.94273	0.31220	0.32096	0.63812	0.74098
(8)	2.31092	2.42296	2.43781	2.46849	2.78836
(9)	1.62212	1.68225	1.69788	1.44993	1.75852
(10)	1.15319	1.17060	1.15739	1.13543	1.11669
(11)	1.96930	1.50318	1.52111	1.28830	1.42870
(12)	1.21850	0.53216	0.53263	0.44969	0.54976

(13)	0.30433	0.31196	0.34434	0.52241	0.29698
(14)	0.36543	0.28287	0.28291	0.28300	0.28105
(15)	1.74534	0.52298	0.41007	1.37605	0.59851
(16)	-0.56154	-0.18250	-0.07300	-0.38421	0.14600
(17)	25.56	36.86	36.86	25.56	36.86
(18)	-1.02346	-2.80812	-2.23928	-1.13863	-2.97167
(19)	0.43618	0.43762	0.43731	0.25625	0.34893
(20)	0.00100	0.33644	0.37601	-0.02491	0.21822
(21)	0.96642	0.64490	0.63618	0.58701	0.48756
(22)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
(23)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
(24)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(25)	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
a	3.5	3.9	3.7	2.9	2.5
tLPF	0.55	0.58	0.52	0.38	0.30
L	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30

【0131】なお、実施例1～5の数値データにおける光学的ローパスフィルターは複数枚構成であり、さらに赤外カットフィルター等の厚みも含んでいるので、その最大厚みがtLPFの値でなく、上記表中のtLPFの値を

	1	2	3	4	5
a	3.5	3.9	3.7	2.9	2.5
tLPF	0.55	0.58	0.52	0.38	0.30
	6	7	8	9	10
a	2.8	2.7	2.6	3.3	3.1
tLPF	0.25	0.25	0.26	0.24	0.25

【0133】ここで、電子撮像素子の有効撮像面の対角長Lと画素間隔aについて説明しておく。図12は、電子撮像素子の画素配列の1例を示す図であり、画素間隔aでR（赤）、G（緑）、B（青）の画素あるいはシアン、マゼンダ、イエロー、グリーン（緑）の4色の画素（図15）がモザイク状に配されている。有効撮像面は撮影した映像の再生（パソコン上での表示、プリンターによる印刷等）に用いる撮像素子上の光電変換面内における領域を意味する。図中に示す有効撮像面は、光学系の性能（光学系の性能が確保し得るイメージサークル）に合わせて、撮像素子の全光電変換面よりも狭い領域に設定されている。有効撮像面の対角長Lは、この有効撮像面の対角長である。なお、映像の再生に用いる撮像範囲を種々変更可能としてよいが、そのような機能を有す

用いるものである。また、以下のaとtLPFの組み合わせ1～10の何れを用いてもよい。

【0132】

る撮像装置に本発明のズームレンズを用いる際は、その有効撮像面の対角長Lが変化する。そのような場合は、本発明における有効撮像面の対角長Lは、Lのとり得る範囲における最大値とする。

【0134】以上の各実施例において、最終レンズ群の像側には、近赤外カットフィルター又は近赤外カットコート面を入射面側に施した光学的ローパスフィルターLFを有している。この近赤外カットフィルター、近赤外カットコート面は、波長600nmでの透過率が80%以上、波長700nmでの透過率が10%以下となるように構成されている。具体的には、例えば次のような27層の層構成からなる多層膜である。ただし、設計波長は780nmである。

【0135】

基板	材質	物理的膜厚（nm）	$\lambda/4$
第1層	Al ₂ O ₃	58.96	0.50
第2層	TiO ₂	84.19	1.00
第3層	SiO ₂	134.14	1.00
第4層	TiO ₂	84.19	1.00
第5層	SiO ₂	134.14	1.00

第6層	TiO ₂	84.19	1.00
第7層	SiO ₂	134.14	1.00
第8層	TiO ₂	84.19	1.00
第9層	SiO ₂	134.14	1.00
第10層	TiO ₂	84.19	1.00
第11層	SiO ₂	134.14	1.00
第12層	TiO ₂	84.19	1.00
第13層	SiO ₂	134.14	1.00
第14層	TiO ₂	84.19	1.00
第15層	SiO ₂	178.41	1.33
第16層	TiO ₂	101.03	1.21
第17層	SiO ₂	167.67	1.25
第18層	TiO ₂	96.82	1.15
第19層	SiO ₂	147.55	1.05
第20層	TiO ₂	84.19	1.00
第21層	SiO ₂	160.97	1.20
第22層	TiO ₂	84.19	1.00
第23層	SiO ₂	154.26	1.15
第24層	TiO ₂	95.13	1.13
第25層	SiO ₂	160.97	1.20
第26層	TiO ₂	99.34	1.18
第27層	SiO ₂	87.19	0.65

空 気

【0136】上記の近赤外シャープカットコート透過率特性は図13に示す通りである。

【0137】また、ローパスフィルターLFの射出面側には、図14に示すような短波長域の色の透過を低減する色フィルターを設けるか若しくはコーティングを行うことで、より一層電子画像の色再現性を高めている。

【0138】具体的には、このフィルター若しくはコーティングにより、波長400nm～700nmで透過率が最も高い波長の透過率に対する420nmの波長の透過率の比が15%以上であり、その最も高い波長の透過率に対する400nmの波長の透過率の比が6%以下であることが好ましい。

【0139】それにより、人間の目の色に対する認識と、撮像及び再生される画像の色とのずれを低減させることができる。言い換えると、人間の視覚では認識され難い短波長側の色が、人間の目で容易に認識されることによる画像の劣化を防止することができる。

【0140】上記の400nmの波長の透過率の比が6%を越えると、人間の目では認識され難い単波長域が認識し得る波長に再生されてしまい、逆に、上記の420nmの波長の透過率の比が15%よりも小さいと、人間の認識し得る波長域の再生が低くなり、色のバランスが悪くなる。

【0141】このような波長を制限する手段は、補色モザイクフィルターを用いた撮像系においてより効果を奏するものである。

【0142】上記各実施例では、図14に示すように、波長400nmにおける透過率を0%、420nmにおける透過率を90%、440nmにて透過率のピーク100%となるコーティングとしている。

【0143】前記した近赤外シャープカットコートとの作用の掛け合わせにより、波長450nmの透過率99%をピークとして、400nmにおける透過率を0%、420nmにおける透過率を80%、600nmにおける透過率を82%、700nmにおける透過率を2%としている。それにより、より忠実な色再現を行っている。

【0144】また、ローパスフィルターLFは、像面上投影時の方位角度が水平(=0°)と±45°方向にそれぞれ結晶軸を有する3種類のフィルターを光軸方向に重ねて使用しており、それぞれについて、水平にaμm、±45°方向にそれぞれSQRT(1/2)×aだけずらすことで、モアレ抑制を行っている。ここで、SQRTは前記のようにスクエアルートであり平方根を意味する。

【0145】また、CCDの撮像面上には、図15に示す通り、シアン、マゼンダ、イエロー、グリーン

(緑)の4色の色フィルターを撮像画素に対応してモザイク状に設けた補色モザイクフィルターを設けている。これら4種類の色フィルターは、それぞれが略同じ数になるように、かつ、隣り合う画素が同じ種類の色フィルターに対応しないようにモザイク状に配置されている。それにより、より忠実な色再現が可能となる。

【0146】補色モザイクフィルタは、具体的には、図15に示すように少なくとも4種類の色フィルタから構成され、その4種類の色フィルタの特性は以下の通りであることが好ましい。

【0147】グリーンの色フィルタGは波長 G_p に分光強度のピークを有し、イエローの色フィルタ Y_e は波長 Y_p に分光強度のピークを有し、シアンの色フィルタCは波長 C_p に分光強度のピークを有し、マゼンダの色フィルタMは波長 M_{p1} と M_{p2} にピークを有し、以下の条件を満足する。

【0148】 $510\text{ nm} < G_p < 540\text{ nm}$

$5\text{ nm} < Y_p - G_p < 35\text{ nm}$

$-100\text{ nm} < C_p - G_p < -5\text{ nm}$

$430\text{ nm} < M_{p1} < 480\text{ nm}$

$580\text{ nm} < M_{p2} < 640\text{ nm}$

さらに、グリーン、イエロー、シアンの色フィルタはそれぞれの分光強度のピークに対して波長 530 nm では80%以上の強度を有し、マゼンダの色フィルタはその分光強度のピークに対して波長 530 nm では10%から50%の強度を有することが、色再現性を高める上でより好ましい。

【0149】上記各実施例におけるそれぞれの波長特性の一例を図16に示す。グリーンの色フィルタGは 525 nm に分光強度のピークを有している。イエローの色フィルタ Y_e は 555 nm に分光強度のピークを有している。シアンの色フィルタCは 510 nm に分光強度のピークを有している。マゼンダの色フィルタMは 445 nm と 620 nm にピークを有している。また、 530 nm における各色フィルタは、それぞれの分光強度のピークに対して、Gは99%、 Y_e は95%、Cは97%、Mは38%としている。

【0150】このような補色フィルタの場合、図示しないコントローラ（若しくは、デジタルカメラに用いられるコントローラ）で、電氣的に次のような信号処理を行い、輝度信号

$$Y = |G + M + Y_e + C| \times 1/4$$

色信号

$$R - Y = |M + Y_e - (G + C)|$$

$$B - Y = |M + C - (G + Y_e)|$$

の信号処理を経てR（赤）、G（緑）、B（青）の信号に変換される。

【0151】ところで、上記した近赤外シャープカットコート配置位置は、光路上のどの位置であってもよい。また、ローパスフィルタLFの枚数も前記した通り2枚でも1枚でも構わない。

【0152】また、各実施例の明るさ絞りの部分についての詳細を図17示す。ただし、この図は4群構成の場合であり、第1群G1における光路折り曲げプリズムPは省いて図示してある。撮像光学系の第2群G2と第3

群G3との間の光軸上の絞り位置に、0段、-1段、-2段、-3段、-4段の明るさ調節を可能とするターレット10を配置している。ターレット10には、0段の調整をする開口形状が直径約4mmの円形で固定の空間からなる開口1A（波長 550 nm に対する透過率は100%）と、-1段補正するために開口1Aの開口面積の約半分の開口面積を有する開口形状が固定の透明な平行平板（波長 550 nm に対する透過率は99%）からなる開口1Bと、開口1Bと同じ面積の円形開口部を有し、-2段、-3段、-4段に補正するため、各々波長 550 nm に対する透過率が50%、25%、13%のNDフィルタが設けられた開口部1C、1D、1Eとを有している。

【0153】そして、ターレット10の回転軸11の周りの回動により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

【0154】また、実効Fナンバー $F_{no'}$ が $F_{no'} > a/0.4\text{ }\mu\text{m}$ となるとときに、開口内に波長 550 nm に対する透過率が80%未満のNDフィルタが配される構成としている。具体的には、実施例1では、望遠端の実効F値が上記式を満たすのは、絞り開放時（0段）に対して-2段とした実行F値が9.0となるときであり、そのときに対応する開口は1Cとなる。それにより、絞りの回折現象による像の劣化を抑えている。

【0155】また、図17に示すターレット10に代えて、図18（a）に示すターレット10'を用いた例を示す。撮像光学系の第1群G1と第2群G2との間の光軸上の明るさ絞り位置に、0段、-1段、-2段、-3段、-4段の明るさ調節を可能とするターレット10'を配置している。ターレット10'には、0段の調整をする開口形状が直径約4mmの円形で固定の開口1A'と、-1段補正するために開口1A'の開口面積の約半分の開口面積を有する開口形状が固定の開口1B'と、さらに開口面積が順に小さくなり、-2段、-3段、-4段に補正するための形状が固定の開口部1C'、1D'、1E'とを有している。そして、ターレット10'の回転軸11の周りの回動により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

【0156】また、これら複数の開口の中の1A'から1D'にそれぞれ空間周波数特性の異なる光学的ローパスフィルタを配している。そして、図18（b）に示すように、開口径が小さくなる程光学フィルタの空間周波数特性を高く設定しており、それにより絞り込むことによる回折現象による像の劣化を抑えている。なお、図18（b）の各曲線は、ローパスフィルタのみの空間周波数特性を示すものであり、各絞りの回折も含めた特性は何れも等しくなるように設定しているものである。

【0157】さて、以上のような本発明の電子撮像装置は、ズームレンズ等の結像光学系で物体像を形成しその

像をCCDや銀塩フィルムといった撮像素子に受光させて撮影を行う撮影装置、とりわけデジタルカメラやビデオカメラ、情報処理装置の例であるパソコン、電話、特に持ち運びに便利な携帯電話等に用いることができる。以下に、その実施形態を例示する。

【0158】図19～図21は、本発明による結像光学系をデジタルカメラの撮影光学系41に組み込んだ構成の概念図を示す。図19はデジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図、図20は同後方斜視図、図21はデジタルカメラ40の構成を示す水平方向の断面図である。デジタルカメラ40は、この例の場合、撮影用光路42を有する撮影光学系41、ファインダー用光路44を有するファインダー光学系43、シャッター45、フラッシュ46、液晶表示モニター47等を含み、カメラ40の上部に配置されたシャッター45を押圧すると、それに連動して撮影光学系41、例えば実施例1の光路折り曲げズームレンズを通して撮影が行われる。この場合、光路折り曲げプリズムPによる光路折り曲げ方向は、デジタルカメラ40の長手方向すなわち横方向に曲げて、カメラの薄型化に資している。撮影光学系41によって形成された物体像が、近赤外カットフィルターと光学的ローパスフィルターLFを介してCCD49の撮像面上に形成される。このCCD49で受光された物体像は、処理手段51を介し、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター47に表示される。また、この処理手段51には記録手段52が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段52は処理手段51と別体に設けてもよいし、フロッピー（登録商標）ディスクやメモリーカード、MO等により電子的に記録書込を行うように構成してもよい。また、CCD49に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

【0159】さらに、ファインダー用光路44上にはファインダー用対物光学系53が配置してある。このファインダー用対物光学系53によって形成された物体像は、像正立部材であるポロプリズム55の視野枠57上に形成される。このポロプリズム55の後方には、正立正像にされた像を観察者眼球Eに導く接眼光学系59が配置されている。なお、撮影光学系41及びファインダー用対物光学系53の入射側、接眼光学系59の射出側にそれぞれカバー部材50が配置されている。

【0160】このように構成されたデジタルカメラ40は、撮影光学系41が広画角で高変倍比であり、収差が良好で、明るく、フィルター等が配置できるバックフォーカスの大きなズームレンズであるので、高性能・低コスト化が実現できる。しかも、上記のように、ズームレンズの光路折り曲げ方向をデジタルカメラ40の長手方向に選んでいるので、カメラの薄型化に効果がある。そして、このような光路折り曲げ方向を選ぶと、フラッシュ46を撮影光学系41の入射面よりも上方に位置させ

ることができるため、人物のストロボ撮影の際に生じる影の影響を緩和できるレイアウトにし得るものである。

【0161】なお、図21の例では、カバー部材50として平行平板を配置しているが、パワーを持ったレンズを用いてもよい。また、光路の折り曲げ方向は、カメラのレイアウトのしやすさに応じて、縦方向、横方向の何れでも構わないのはもちろんである。

【0162】次に、本発明の結像光学系が対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコンが図22～図24に示される。図22はパソコン300のカバーを開いた前方斜視図、図23はパソコン300の撮影光学系303の断面図、図24は図22の状態の側面図である。図22～図24に示されるように、パソコン300は、外部から操作者が情報を入力するためのキーボード301と、図示を省略した情報処理手段や記録手段と、情報を操作者に表示するモニター302と、操作者自身や周辺の像を撮影するための撮影光学系303とを有している。ここで、モニター302は、図示しないバックライトにより背面から照明する透過型液晶表示素子や、前面からの光を反射して表示する反射型液晶表示素子や、CRTディスプレイ等であってよい。また、図中、撮影光学系303は、モニター302の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター302の周囲や、キーボード301の周囲のどこであってもよい。

【0163】この撮影光学系303は、撮影光路304上に、本発明による例えば実施例1の光路折り曲げズームレンズからなる対物レンズ112と、像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらはパソコン300に内蔵されている。

【0164】ここで、撮像素子チップ162上には光学的ローパスフィルターLFが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端（図示略）には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。なお、鏡枠113中のズームレンズの駆動機構等は図示を省いてある。

【0165】撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、パソコン300の処理手段に入力され、電子画像としてモニター302に表示される。図22には、その一例として、操作者の撮影された画像305が示されている。また、この画像305は、処理手段を介し、インターネットや電話を介して、遠隔地から通信相手のパソコンに表示されることも可能である。

【0166】次に、本発明の結像光学系が撮影光学系として内蔵された情報処理装置の一例である電話、特に持ち運びに便利な携帯電話が図25に示される。図25

(a)は携帯電話400の正面図、図25(b)は側面図、図25(c)は撮影光学系405の断面図である。図25(a)～(c)に示されるように、携帯電話400は、操作者の声を情報として入力するマイク部401と、通話相手の声を出力するスピーカ部402と、操作者が情報を入力する入力ダイヤル403と、操作者自身や通話相手等の撮映像と電話番号等の情報を表示するモニター404と、撮影光学系405と、通信電波の送信と受信を行うアンテナ406と、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行う処理手段(図示せず)とを有している。ここで、モニター404は液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置は、特にこれらに限られない。この撮影光学系405は、撮影光路407上に配置された本発明による例えば実施例1の光路折り曲げズームレンズからなる対物レンズ112と、物体像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらは、携帯電話400に内蔵されている。

【0167】ここで、撮像素子チップ162上には光学的ローパスフィルターLFが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端(図示略)には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。なお、鏡枠113中のズームレンズの駆動機構等は図示を省いてある。

【0168】撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、図示していない処理手段に入力され、電子画像としてモニター404に、又は、通信相手のモニターに、又は、両方に表示される。また、通信相手に画像を送信する場合、撮像素子チップ162で受光された物体像の情報を、送信可能な信号へと変換する信号処理機能が処理手段には含まれている。

【0169】以上の本発明のズームレンズとそれを用いた電子撮像装置は例えば次のように構成することができる。

【0170】〔1〕 物体側より順に、変倍時固定の第1レンズ群、負の屈折力を有し変倍時に移動する第2レンズ群、正の屈折力を有し変倍時に移動する第3レンズ群、正の屈折力を有し変倍時及び合焦動作時に移動する第4レンズ群を有し、前記第1レンズ群は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ、光路を折り曲げるための反射光学素子、正レンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズ。

【0171】〔2〕 物体側より順に、変倍時固定の第1レンズ群、負の屈折力を有し変倍時に移動する第2レンズ群、正の屈折力を有し変倍時に移動する第3レンズ群、正の屈折力を有し変倍時及び合焦動作時に移動する第4レンズ群を有し、前記第1レンズ群は光路を折り曲

げるための反射光学素子を有し、無限遠物点合焦時において、前記第3レンズ群の変倍時の移動に対して前記第4レンズ群の移動軌跡が逆方向となることを特徴とするズームレンズ。

【0172】〔3〕 無限遠物点合焦時において、前記第3レンズ群の変倍時の移動に対して前記第4レンズ群の移動軌跡が逆方向となることを特徴とする上記1記載のズームレンズ。

【0173】〔4〕 合焦動作時に前記第4レンズ群のみが移動することを特徴とする上記1から3の何れか1項記載のズームレンズ。

【0174】〔5〕 前記第3レンズ群は正レンズと負レンズとを接合した接合レンズ成分を少なくとも1つ含み、かつ、前記第3レンズ群は両側の面が非球面で構成された少なくとも1つのレンズ成分を含むことを特徴とする上記1から4の何れか1項記載のズームレンズ。

【0175】〔6〕 以下の条件(1)、(2)を満足することを特徴とする上記1又は3記載のズームレンズ。

【0176】

$$(1) \quad 1.4 < -f_{11}/\sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 2.4$$

$$(2) \quad 1.2 < f_{12}/\sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 2.2$$

ただし、 f_{11} は第1レンズ群の負メニスカスレンズの焦点距離、 f_{12} は第1レンズ群の正レンズの焦点距離、 f_W 、 f_T はそれぞれズームレンズ全系の広角端、望遠端の焦点距離である。

【0177】〔7〕 前記反射光学素子を以下の条件(4)を満足するプリズムにて構成したことを特徴とする上記1から6の何れか1項記載のズームレンズ。

$$【0178】(4) \quad 1.55 < n_{pri}$$

ただし、 n_{pri} は第1レンズ群のプリズムのd線に対する媒質の屈折率である。

【0179】〔8〕 以下の条件を満足することを特徴とする上記1から7の何れか1項記載のズームレンズ。

$$【0180】(a) \quad 1.8 < f_T/f_W$$

ただし、 f_W 、 f_T はそれぞれズームレンズ全系の広角端、望遠端の焦点距離である。

【0181】〔9〕 前記第1レンズ群が正の屈折力を有し、かつ、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群が以下の条件式(5)、(6)、(7)を満足することを特徴とする上記1から8の何れか1項記載のズームレンズ。

$$【0182】(5) \quad 0.4 < -\beta_{2W} < 1.2$$

$$(6) \quad 0.1 < -\beta_{RW} < 0.5$$

$$(7) \quad 0 < \log \gamma_R / \log \gamma_2 < 1.3$$

ただし、 β_{2W} は無限遠物点合焦時の広角端における第2レンズ群の倍率、 β_{RW} は無限遠物点合焦時の広角端における第3レンズ群とそれ以降の全てのレンズ群との合成系の合成倍率、 γ_2 は無限遠物点合焦時の望遠端における第2レンズ群の倍率を β_{2T} としたときの β_{2T}/β_{2W} 、

γ_R は無限遠物点合焦時の望遠端における第3レンズ群とそれ以降の全てのレンズ群との合成系の合成倍率を β_{RT} としたときの β_{RT}/β_{RW} である。

【0183】〔10〕 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群が以下の条件式(8)、(9)を満足することを特徴とする上記9記載のズームレンズ。

【0184】

$$(8) \quad 1.6 < f_1 / \sqrt{f_W \cdot f_T} < 6.0$$

$$(9) \quad 1.1 < -f_2 / \sqrt{f_W \cdot f_T} < 2.2$$

ただし、 f_1 は第1レンズ群の焦点距離、 f_2 は第2レンズ群の焦点距離、 f_W 、 f_T はそれぞれズームレンズ全系の広角端、望遠端の焦点距離である。

【0185】〔11〕 前記第3レンズ群とそれ以降の全てのレンズ群との合成系が、下記の条件式(10)を満足することを特徴とする上記9又は10記載のズームレンズ。

【0186】

$$(10) \quad 0.8 < f_{RW} / \sqrt{f_W \cdot f_T} < 1.7$$

ただし、 f_{RW} は広角端における第3レンズ群とそれ以降の全てのレンズ群との合成系の合成焦点距離、 f_W 、 f_T はそれぞれズームレンズ全系の広角端、望遠端の焦点距離である。

【0187】〔12〕 前記第3レンズ群内に以下の条件式(b)を満足する物体側に凸の空気接触面からなる収斂面と、以下条件式(c)を満足する像側に凹の空気接触面からなる発散面とを有することを特徴とする上記9から11の何れか1項記載のズームレンズ。

$$(b) \quad 0 < R_p / f_W < 2$$

$$(c) \quad 0 < R_N / f_W < 4$$

ただし、 R_p 、 R_N はそれぞれ収斂面、発散面の光軸上での曲率半径、 f_W はズームレンズ全系の広角端の焦点距離である。

【0189】〔14〕 前記第3レンズ群とそれ以降の全てのレンズ群との合成系が、下記の条件式(11)を満足することを特徴とする上記9から12の何れか1項記載のズームレンズ。

$$(11) \quad 1.0 < f_{RT} / f_{RW} < 2.5$$

ただし、 f_{RW} は広角端における第3レンズ群とそれ以降の全てのレンズ群との合成系の合成焦点距離、 f_{RT} は望遠端における第3レンズ群とそれ以降の全てのレンズ群との合成系の合成焦点距離である。

【0191】〔14〕 無限遠物点合焦時の変倍にて、前記第3レンズ群を広角端よりも望遠端にて物体側に移動させ、前記第4レンズ群を広角端よりも望遠端にて像側に移動させることを特徴とする上記1から13の何れか1項記載のズームレンズ。

【0192】〔15〕 前記第2レンズ群、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群が以下の条件式(12)、

(13)を満足することを特徴とする上記14記載のズームレンズ。

【0193】

$$(12) \quad 0.20 < -M_3 / M_2 < 1.50$$

$$(13) \quad 0.15 < -M_4 / M_3 < 1.00$$

ただし、 M_2 は広角端から望遠端に至るまでの第2レンズ群の移動量、 M_3 は広角端から望遠端に至るまでの第3レンズ群の移動量、 M_4 は広角端から望遠端に至るまでの第4レンズ群の移動量であり、それぞれ像側への移動を正符号とする。

【0194】〔16〕 前記第4レンズ群が以下の条件式(14)を満足することを特徴とする上記4記載のズームレンズ。

【0195】

$$(14) \quad 0.10 < D_{34W} / f_W < 0.70$$

ただし、 D_{34W} は広角端における無限遠物点合焦時の第3レンズ群と第4レンズ群との空気間隔、 f_W はズームレンズ全系の広角端の焦点距離である。

【0196】〔17〕 前記第3レンズ群が、物体側から順に、正レンズと負レンズの接合レンズ成分と、両面が非球面で構成された単レンズとの2成分3枚にて構成されたことを特徴とする上記5記載のズームレンズ。

【0197】〔18〕 前記第3レンズ群が、物体側から順に、両面が非球面で構成された単レンズと、正レンズと負レンズの接合レンズ成分との2成分3枚にて構成されたことを特徴とする上記5記載のズームレンズ。

【0198】〔19〕 前記第3レンズ群が、物体側から正レンズ、負レンズの順で接合された接合レンズ成分からなり、該接合レンズ成分の最物体側面と最像側面が非球面にて構成されたことを特徴とする上記5記載のズームレンズ。

【0199】〔20〕 前記接合レンズ成分が以下の条件(15-1)を満足することを特徴とする上記17記載のズームレンズ。

【0200】

$$(15-1) \quad 1.05 < R_{C3} / R_{C1} < 3.00$$

ただし、 R_{C1} は接合レンズ成分の最物体側面の光軸上での曲率半径、 R_{C3} は接合レンズ成分の最像側面の光軸上での曲率半径である。

【0201】〔21〕 前記接合レンズ成分が以下の条件(15-2)を満足することを特徴とする上記18記載のズームレンズ。

【0202】

$$(15-2) \quad 0.25 < R_{C3} / R_{C1} < 0.75$$

ただし、 R_{C1} は接合レンズ成分の最物体側面の光軸上での曲率半径、 R_{C3} は接合レンズ成分の最像側面の光軸上での曲率半径である。

【0203】〔22〕 前記接合レンズ成分が以下の条件(15-3)を満足することを特徴とする上記19に記載のズームレンズ。

【0204】

$$(15-3) \quad 1.20 < R_{C3} / R_{C1} < 3.60$$

ただし、 R_{C1} は接合レンズ成分の最物体側面の光軸上での曲率半径、 R_{C3} は接合レンズ成分の最像側面の光軸上での曲率半径である。

【0205】〔23〕 前記第4レンズ群を1つの正レンズ成分で構成したことを特徴とする上記1から22の何れか1項記載のズームレンズ。

【0206】〔24〕 前記第2レンズ群が、物体側から順に、負レンズ、正レンズの2枚にて構成したことを

$$(20) \quad -0.80 < (R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR}) < 0.90$$

$$(21) \quad -0.10 < (R_{2NF} + R_{2NR}) / (R_{2NF} - R_{2NR}) < 2.00$$

ただし、 R_{1PF} は第1レンズ群の正レンズの物体側の面の光軸上での曲率半径、 R_{1PR} は第1レンズ群の正レンズの像側の面の光軸上での曲率半径、 R_{2NF} は第2レンズ群の負レンズの物体側の面の光軸上での曲率半径、 R_{2NR} は第2レンズ群の負レンズの像側の面の光軸上での曲率半径である。

【0209】〔26〕 上記1から25の何れか1項記載のズームレンズと、その像側に配された電子撮像素子とを有することを特徴とする電子撮像装置。

【0210】〔27〕 上記1、3、6の何れか1項記載のズームレンズと、その像側に配された電子撮像素子とを有し、前記ズームレンズが以下の条件(3)を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$【0211】(3) \quad 0.8 < d/L < 2.0$$

ただし、 d は第1レンズ群の負メニスカスレンズの像側面から正レンズの物体側面までの光軸に沿って測ったときの空気換算長、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0212】〔28〕 上記17又は20に記載のズームレンズと、その像側に配された電子撮像素子とを有する電子撮像装置であって、前記ズームレンズが以下の条件(16-1)、(17-1)を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$【0213】(16-1) \quad -0.7 < L/R_{C2} < 0.1$$

$$(17-1) \quad 1.0 < \nu_{CP} - \nu_{CN}$$

ただし、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 R_{C2} は第3レンズ群の接合レンズ成分の接合面の光軸上での曲率半径、 ν_{CP} は第3レンズ群の接合レンズ成分の正レンズの媒質の d 線基準でのアッベ数、 ν_{CN} は第3レンズ群の接合レンズ成分の負レンズの媒質の d 線基準でのアッベ数である。

【0214】〔29〕 上記18又は21に記載のズーム

$$(18) \quad -4.00 < (R_{4F} + R_{4R}) / (R_{4F} - R_{4R}) < 0.0$$

$$(19) \quad 0.10 < L/f_4 < 0.70$$

ただし、 R_{4F} は正レンズ成分の物体側の面の光軸上での曲率半径、 R_{4R} は正レンズ成分の像側の面の光軸上での曲率半径、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 f_4 は第4レンズ群の焦点距離である。

特徴とする上記1から23の何れか1項記載のズームレンズ。

【0207】〔25〕 前記第1レンズ群が前記反射光学素子の像側に正レンズを有し、該正レンズと前記第2レンズ群が以下の条件式(20)、(21)を満足することを特徴とする上記24記載のズームレンズ。

【0208】

ムレンズと、その像側に配された電子撮像素子とを有する電子撮像装置であって、前記ズームレンズが以下の条件(16-2)、(17-2)を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$【0215】(16-2) \quad -0.5 < L/R_{C2} < 0.3$$

$$(17-2) \quad 2.0 < \nu_{CP} - \nu_{CN}$$

ただし、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 R_{C2} は第3レンズ群の接合レンズ成分の接合面の光軸上での曲率半径、 ν_{CP} は第3レンズ群の接合レンズ成分の正レンズの媒質の d 線基準でのアッベ数、 ν_{CN} は第3レンズ群の接合レンズ成分の負レンズの媒質の d 線基準でのアッベ数である。

【0216】〔30〕 上記19又は22に記載のズームレンズと、その像側に配された電子撮像素子とを有する電子撮像装置であって、前記ズームレンズが以下の条件(16-3)、(17-3)を満足することを特徴とする電子撮像装置

$$(16-3) \quad -0.9 < L/R_{C2} < -0.1$$

$$(17-3) \quad 1.0 < \nu_{CP} - \nu_{CN}$$

ただし、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 R_{C2} は第3レンズ群の接合レンズ成分の接合面の光軸上での曲率半径、 ν_{CP} は第3レンズ群の接合レンズ成分の正レンズの媒質の d 線基準でのアッベ数、 ν_{CN} は第3レンズ群の接合レンズ成分の負レンズの媒質の d 線基準でのアッベ数である。

【0217】〔31〕 上記23に記載のズームレンズと、その像側に配された電子撮像素子とを有する電子撮像装置であって、前記ズームレンズの前記第4レンズ群の正レンズ成分が、以下の条件式(18)、(19)を満足することを特徴とする電子撮像装置。

【0218】

【0219】〔32〕 前記電子撮像装置における広角端全画角が 55° 以上を有することを特徴とする上記26から31の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0220】〔33〕 前記電子撮像装置における広角

端全面角が 80° 以下であることを特徴とする上記32記載の電子撮像装置。

【0221】

【発明の効果】本発明により、沈胴厚が薄く収納性に優れ、かつ、高倍率でリアフォーカスにおいても結像性能の優れたズームレンズを得ることができ、ビデオカメラやデジタルカメラの徹底的薄型化を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のズームレンズの実施例1の無限遠物点合焦時の広角端(a)、中間状態(b)、望遠端(c)でのレンズ断面図である。

【図2】実施例2のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。

【図3】実施例3のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。

【図4】実施例4のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。

【図5】実施例5のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。

【図6】実施例1のズームレンズの広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における光路図である。

【図7】実施例1の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図8】実施例2の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図9】実施例3の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図10】実施例4の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図11】実施例5の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図12】電子撮像素子にて撮影を行う場合の有効撮像面の対角長について説明するための図である。

【図13】近赤外シャープカットコートの一例の透過率特性を示す図である。

【図14】ローパスフィルターの射出面側に設ける色フィルターの一例の透過率特性を示す図である。

【図15】補色モザイクフィルターの色フィルター配置を示す図である。

【図16】補色モザイクフィルターの波長特性の一例を示す図である。

【図17】各実施例の明るさ絞りの部分の一例の詳細を示す斜視図である。

【図18】各実施例の明るさ絞りの部分の別の例の詳細を示す図である。

【図19】本発明による光路折り曲げズーム光学系を組み込んだデジタルカメラの外観を示す前方斜視図である。

【図20】図19のデジタルカメラの後方斜視図である。

【図21】図19のデジタルカメラの断面図である。

【図22】本発明による光路折り曲げズーム光学系を対

物光学系として組み込んだパソコンのカバーを開いた前方斜視図である。

【図23】パソコンの撮影光学系の断面図である。

【図24】図22の状態の側面図である。

【図25】本発明による光路折り曲げズーム光学系を対物光学系として組み込んだ携帯電話の正面図、側面図、その撮影光学系の断面図である。

【符号の説明】

G1…第1レンズ群

G2…第2レンズ群

G3…第3レンズ群

G4…第4レンズ群

P…光路折り曲げプリズム

S…開口絞り

LF…光学的ローパスフィルター

CG…カバーガラス

I…像面

E…観察者眼球

1A、1B、1C、1D、1E…開口

1A'、1B'、1C'、1D'、1E'…開口

10…ターレット

10'…ターレット

11…回転軸

40…デジタルカメラ

41…撮影光学系

42…撮影用光路

43…ファインダー光学系

44…ファインダー用光路

45…シャッター

46…フラッシュ

47…液晶表示モニター

49…CCD

50…カバー部材

51…処理手段

52…記録手段

53…ファインダー用対物光学系

55…ポロプリズム

57…視野枠

59…接眼光学系

112…対物レンズ

113…鏡枠

114…カバーガラス

160…撮像ユニット

162…撮像素子チップ

166…端子

300…パソコン

301…キーボード

302…モニター

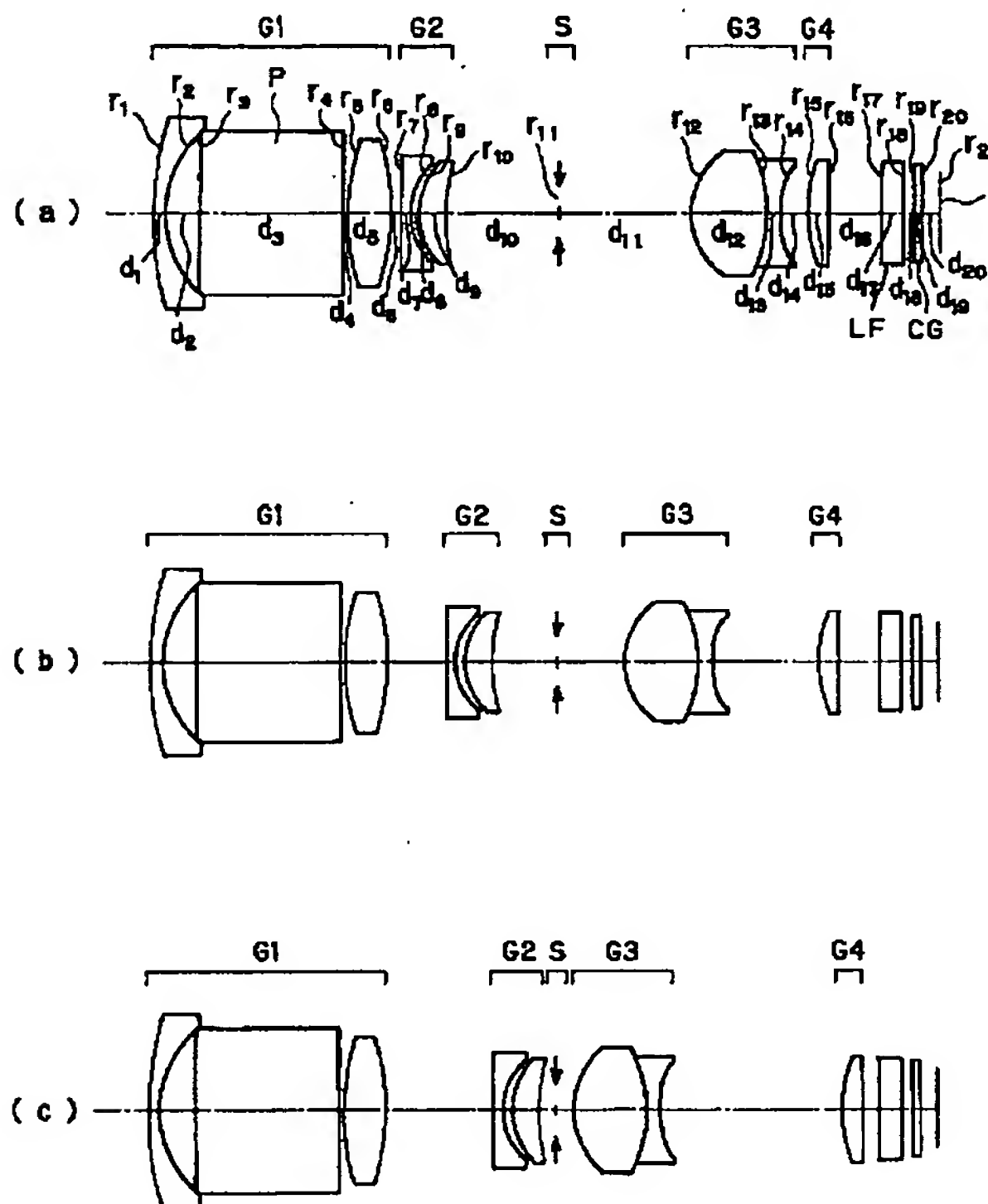
303…撮影光学系

304…撮影光路

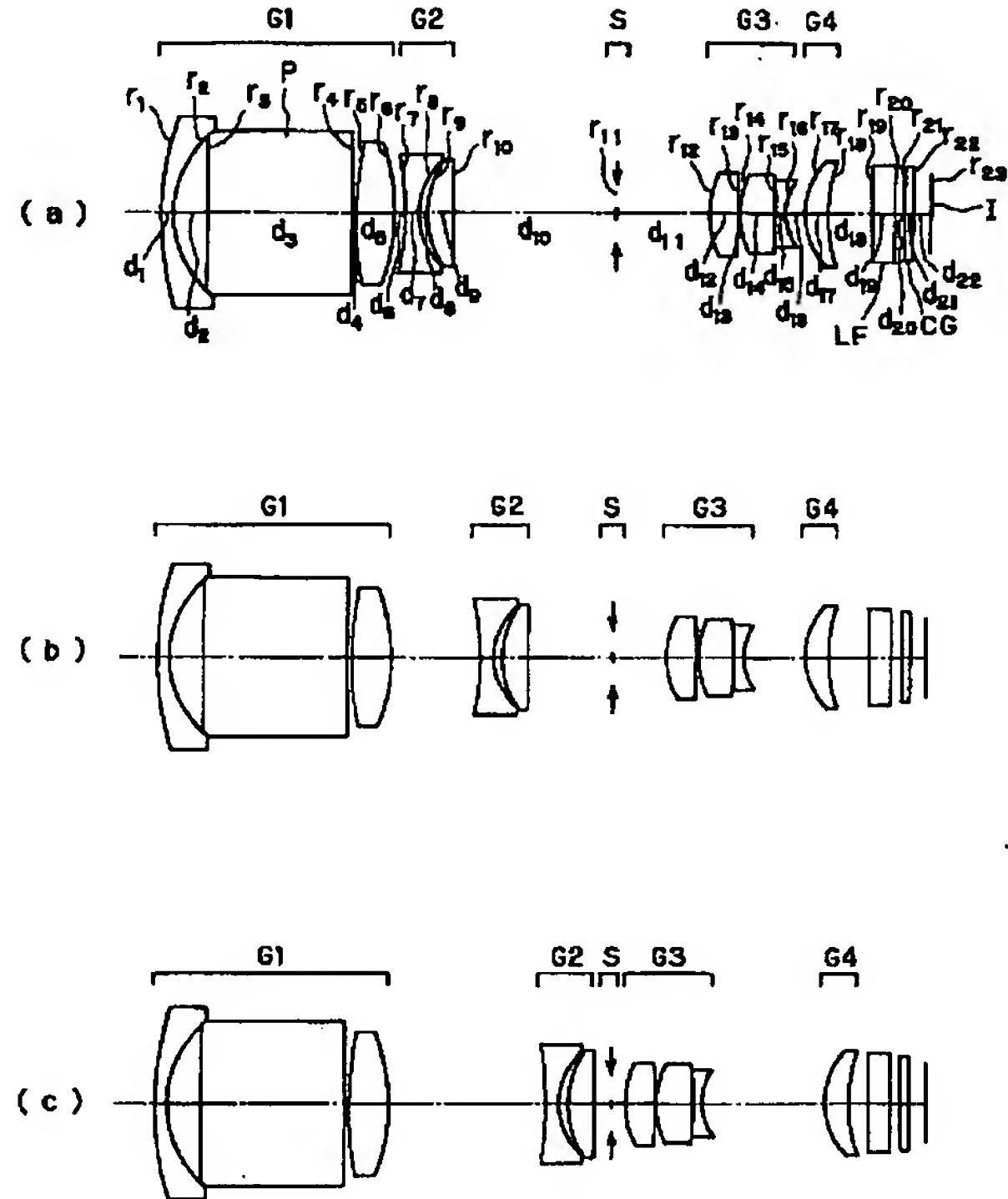
305…画像
400…携帯電話
401…マイク部
402…スピーカ部
403…入力ダイヤル

404…モニター
405…撮影光学系
406…アンテナ
407…撮影光路

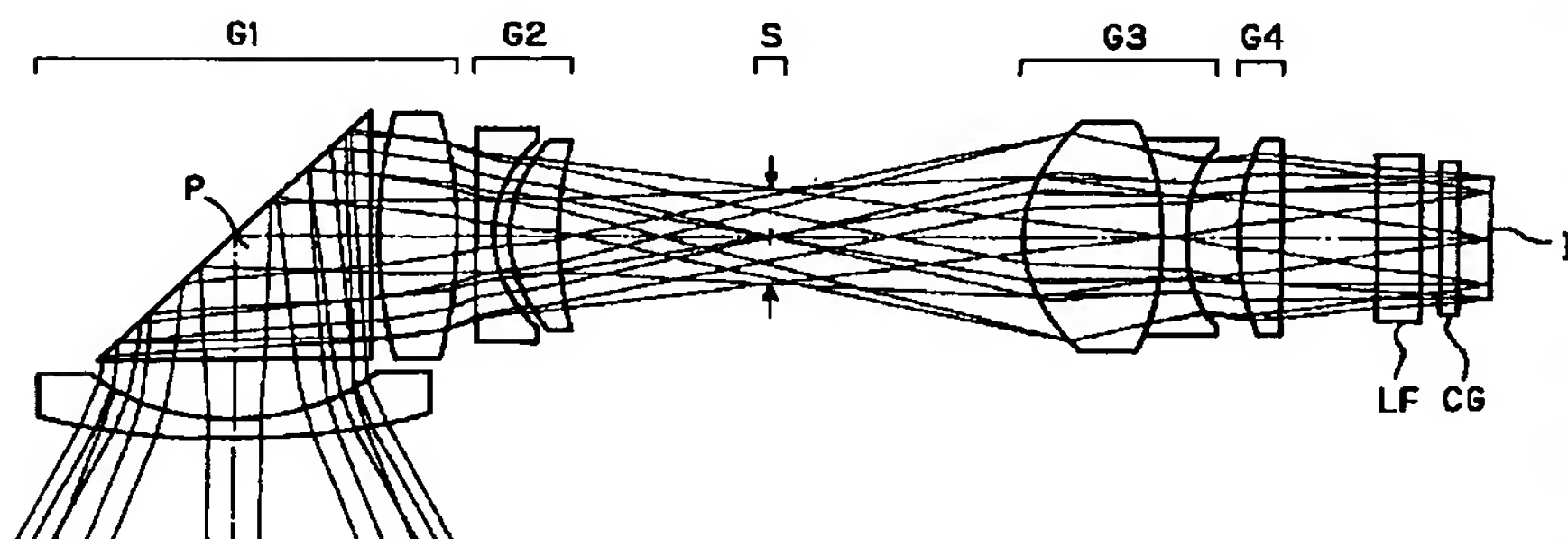
【図1】



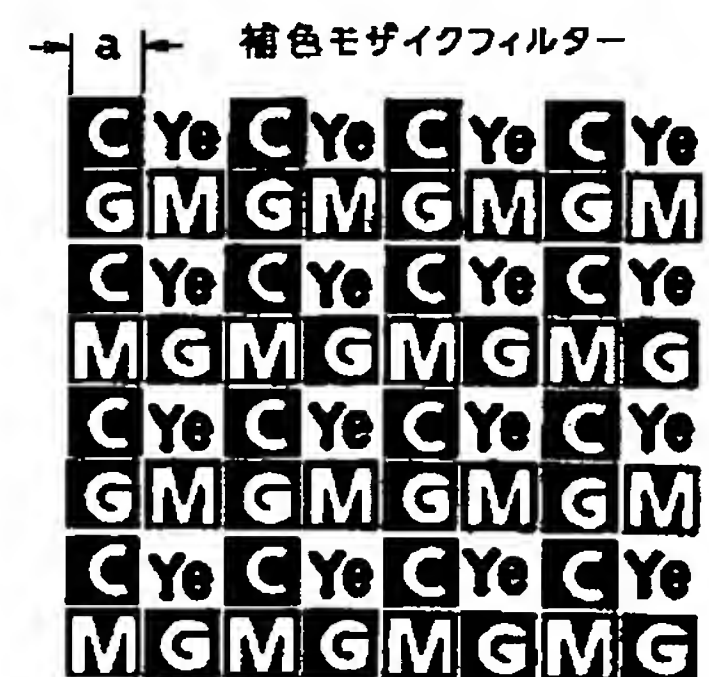
【図2】



【図6】

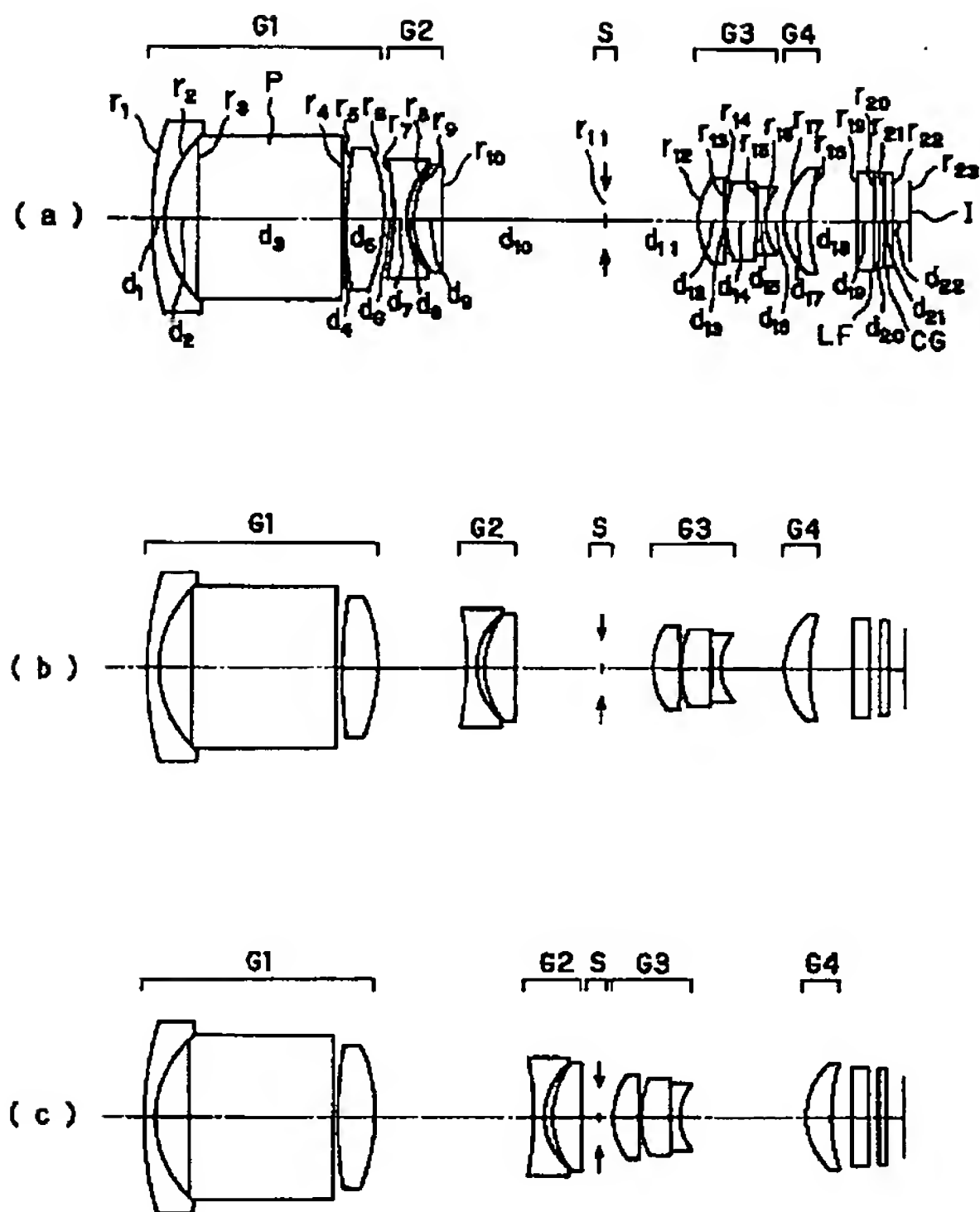


【図15】

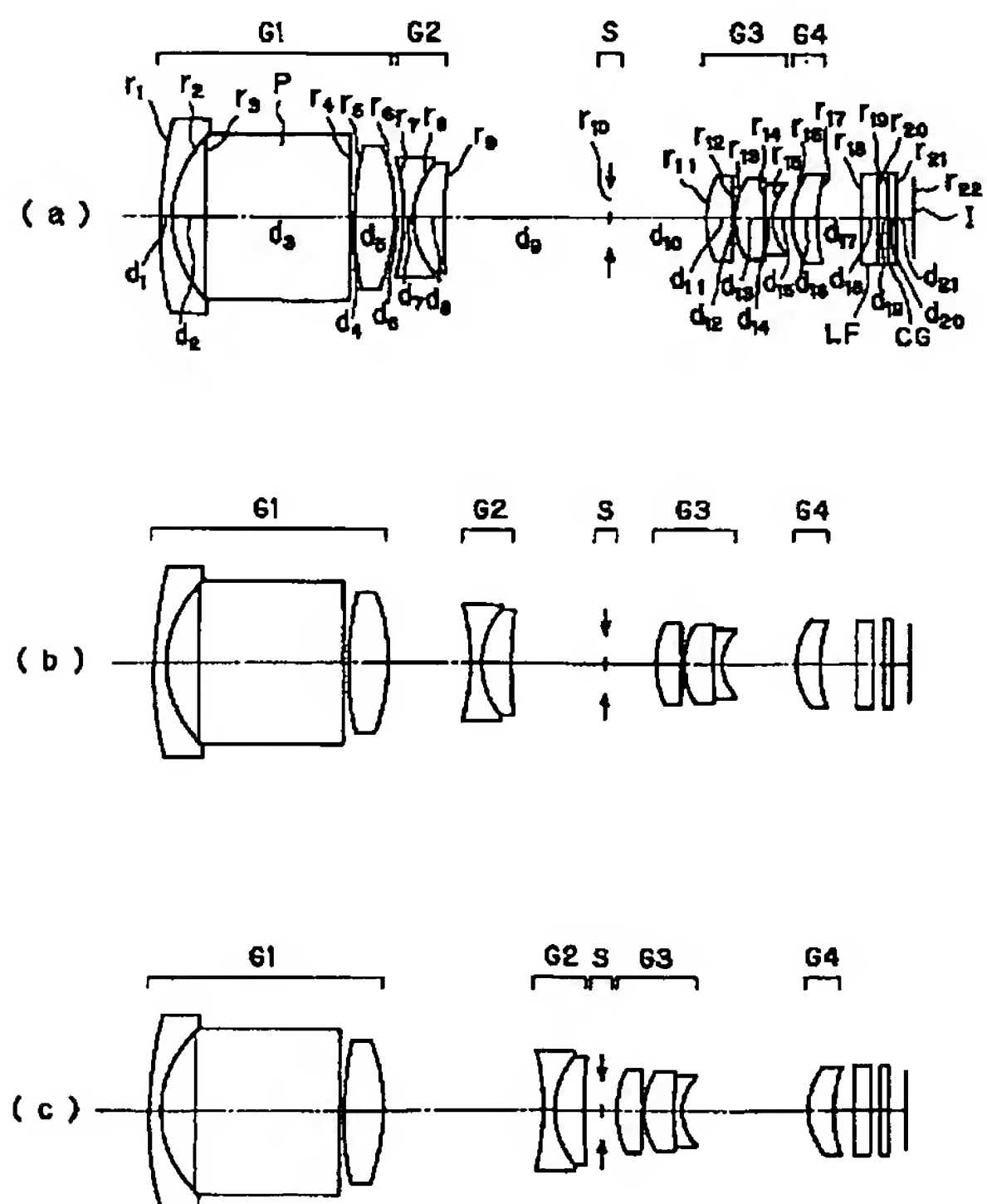


C:シアン M:マゼンタ
Y:イエロー G:緑

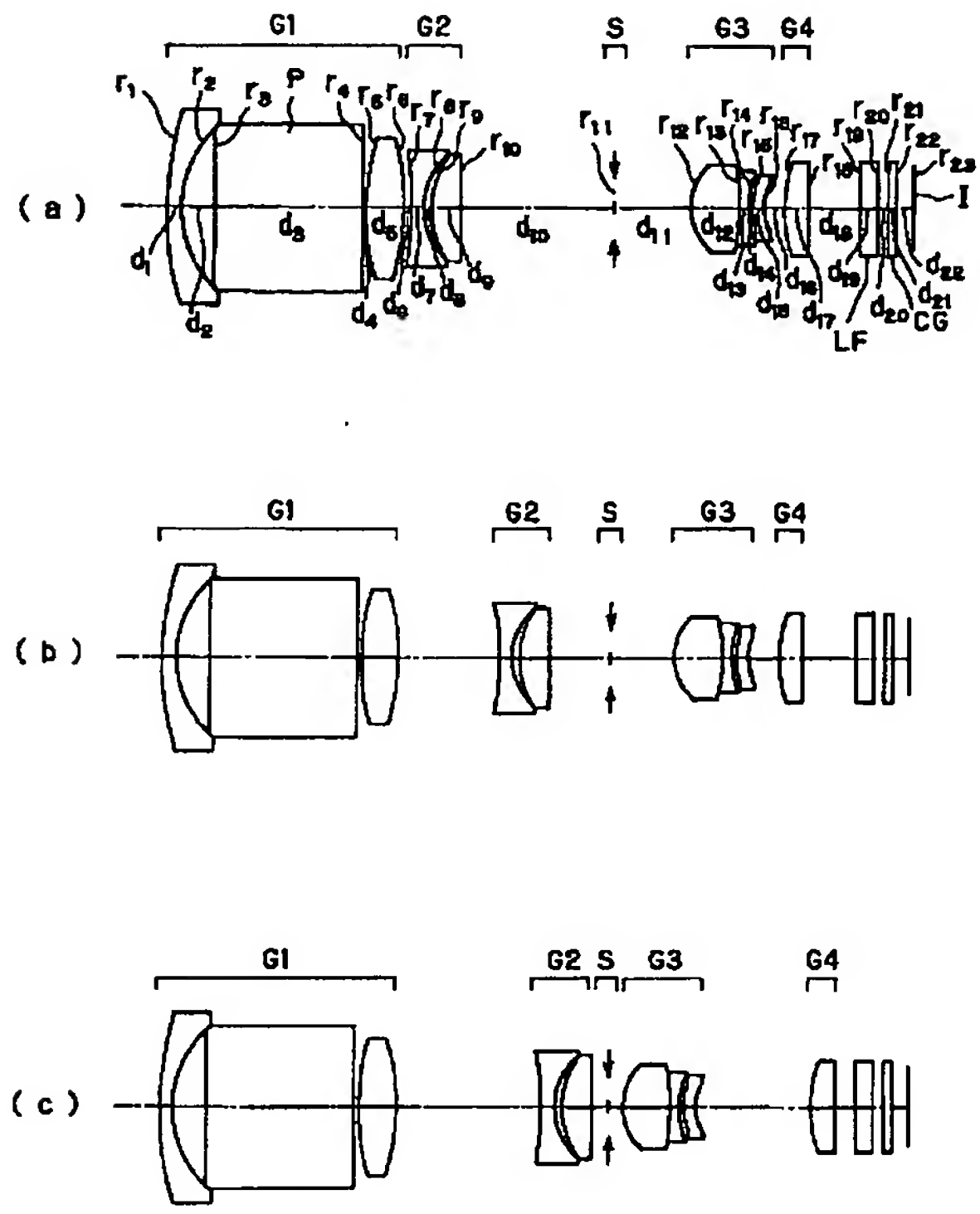
【図3】



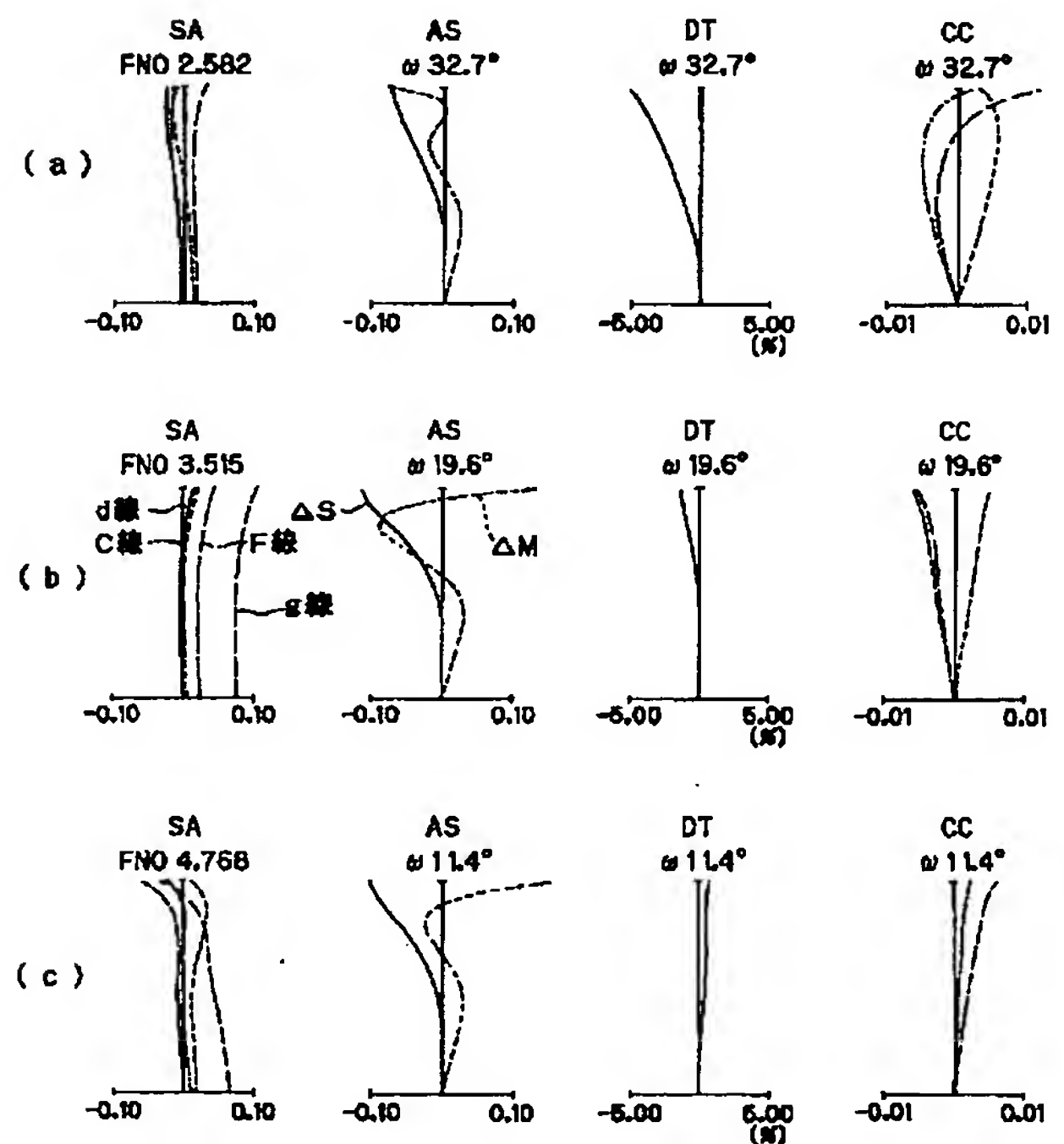
【図5】



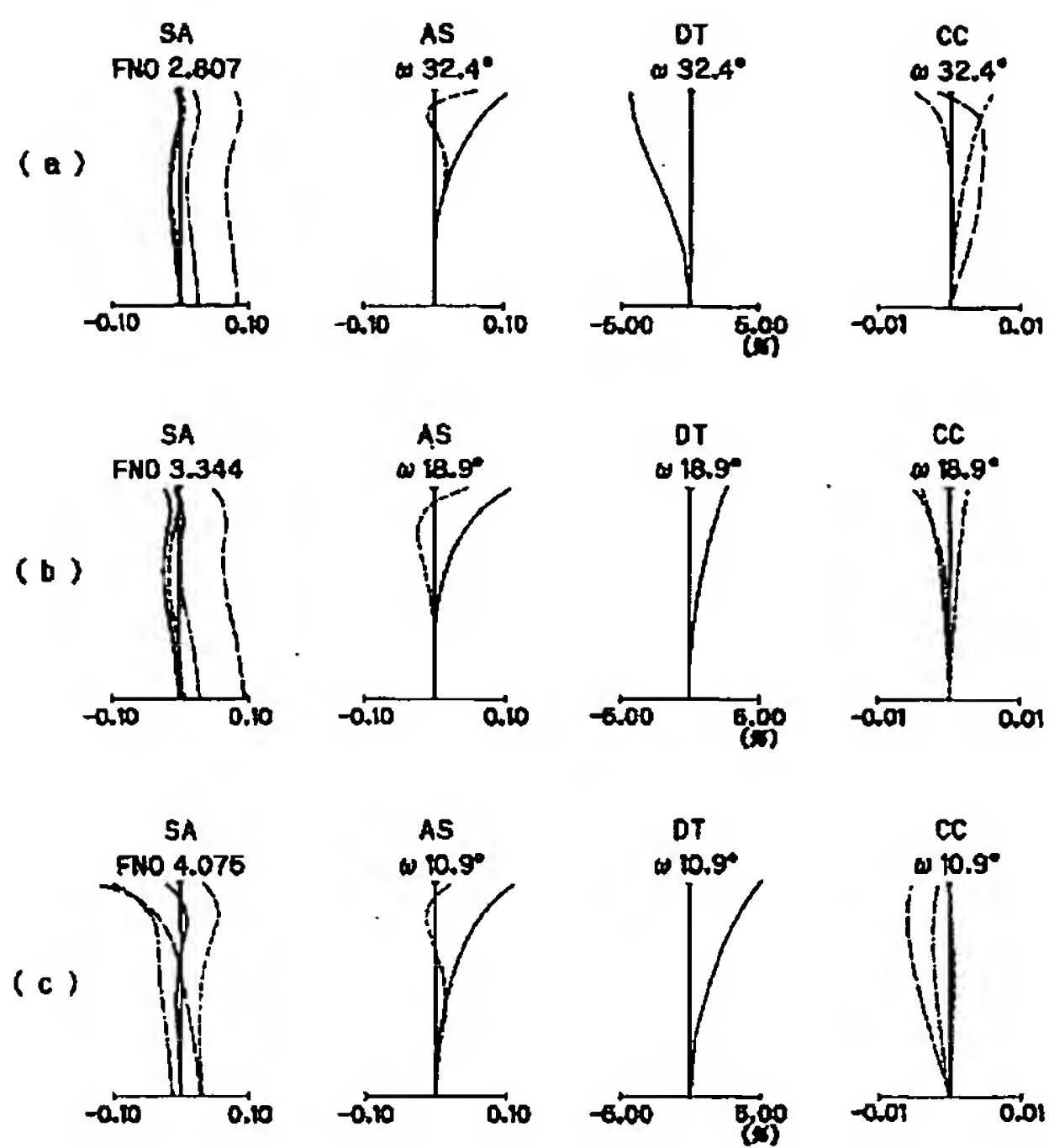
【図4】



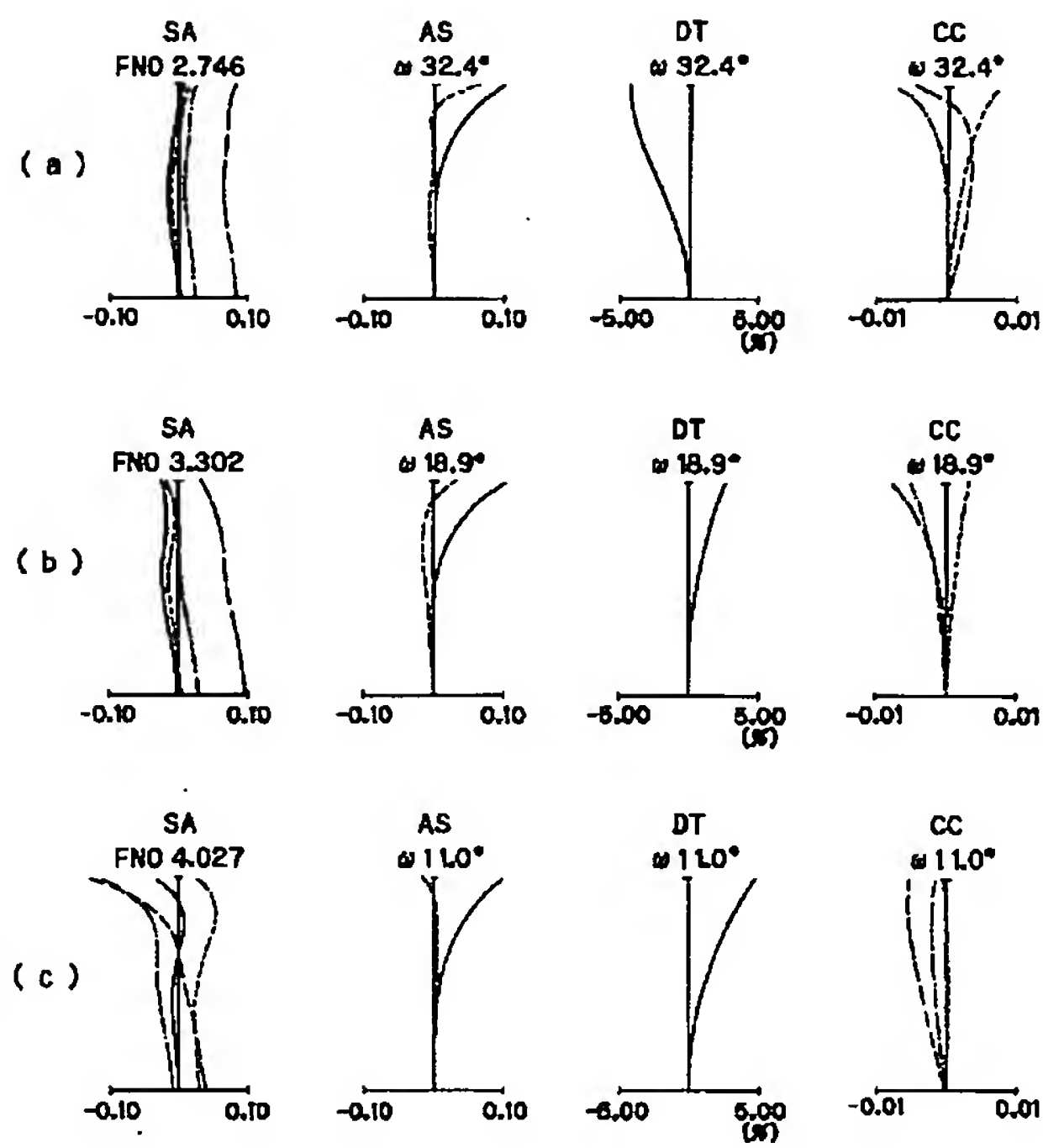
【図7】



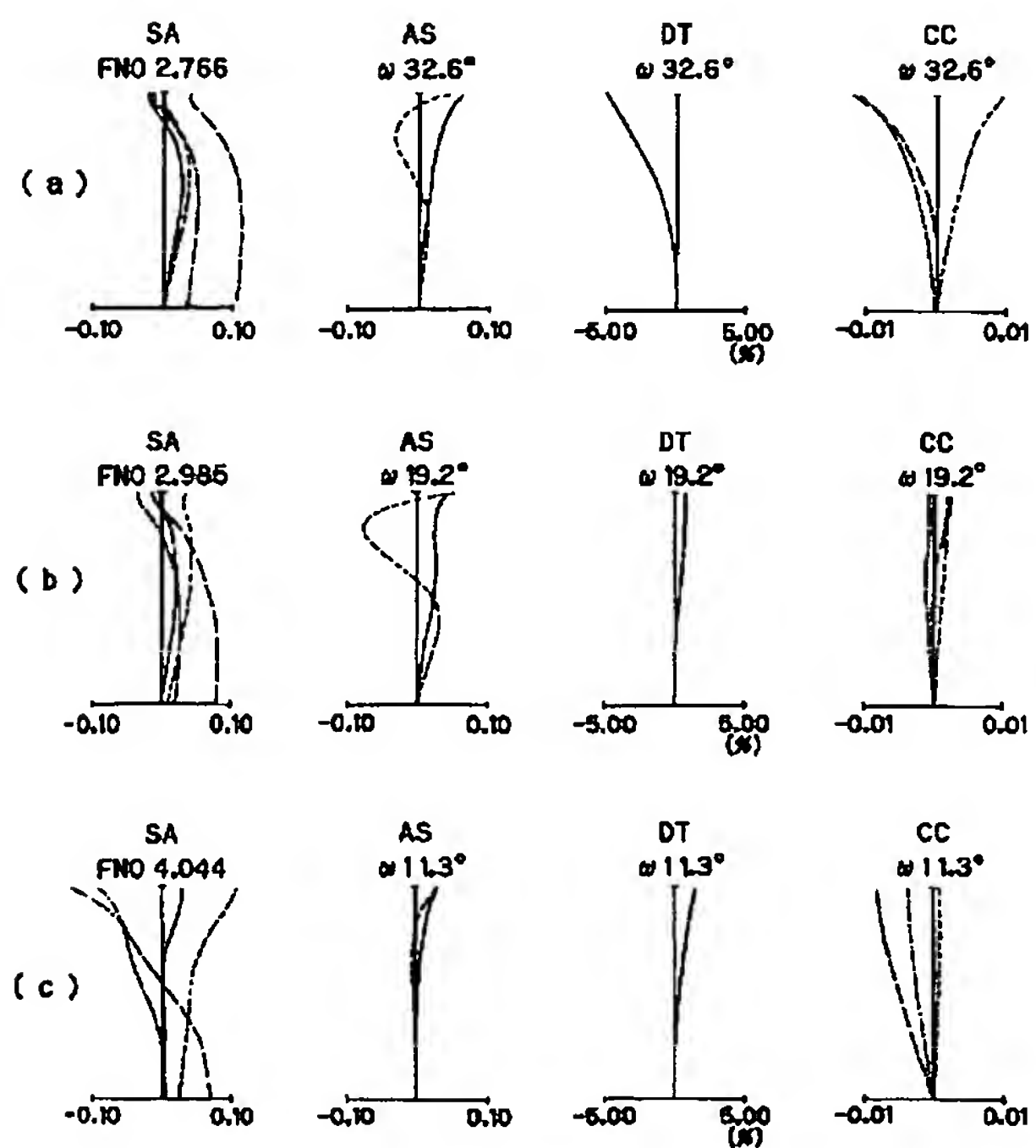
【図8】



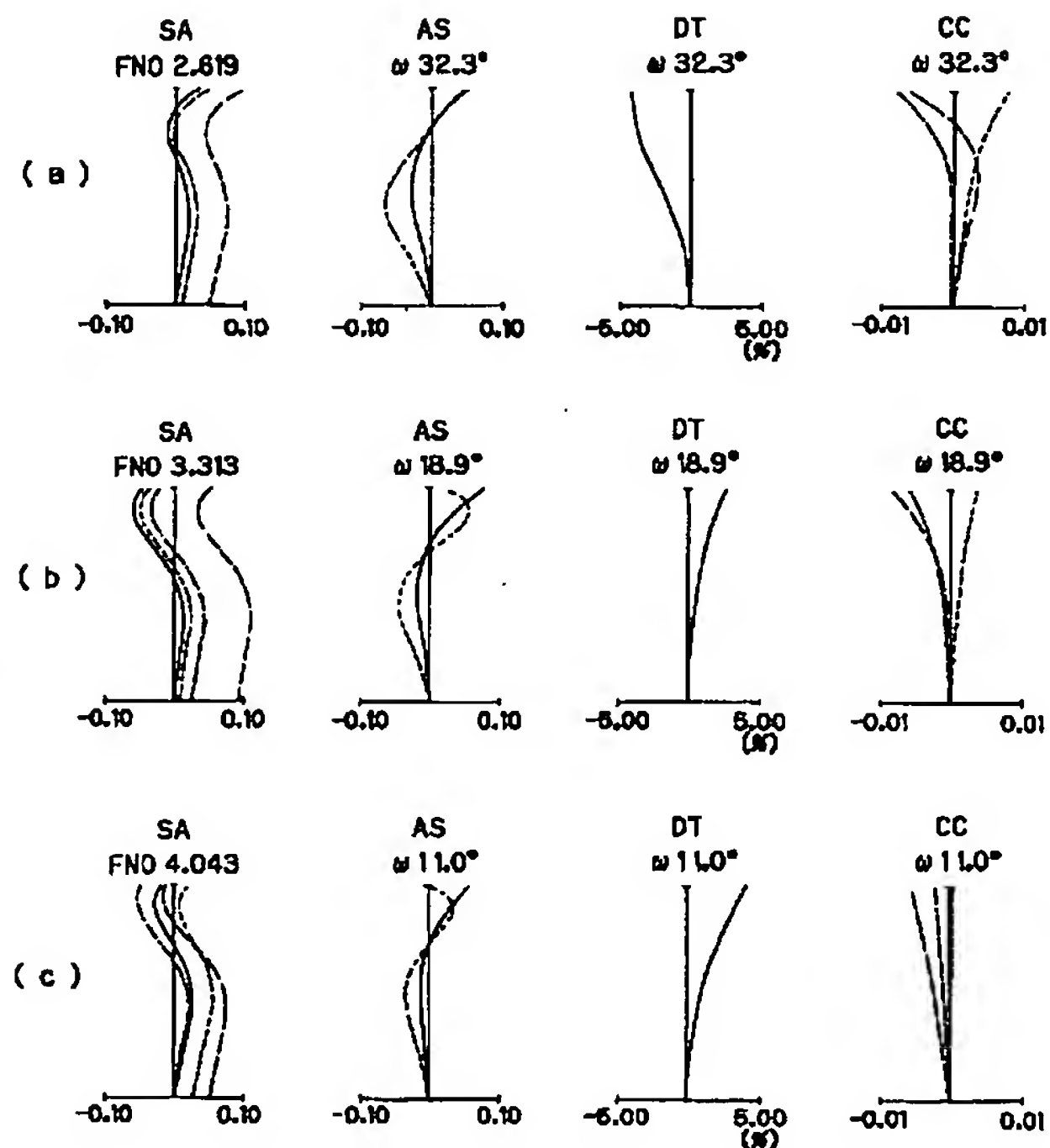
【図9】



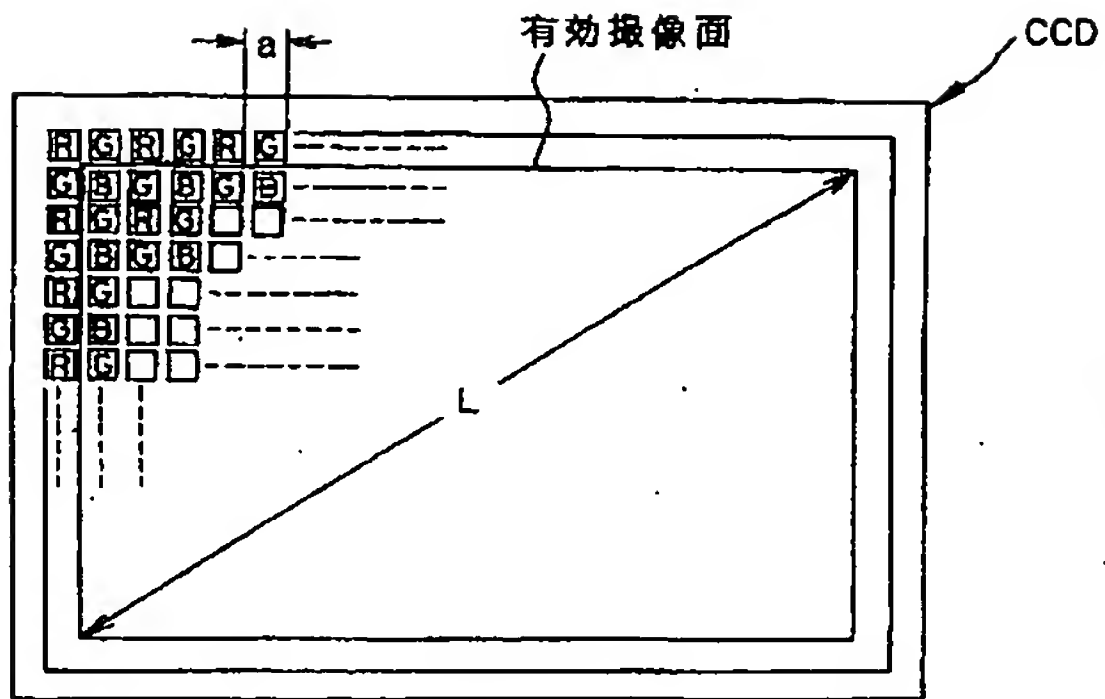
【図10】



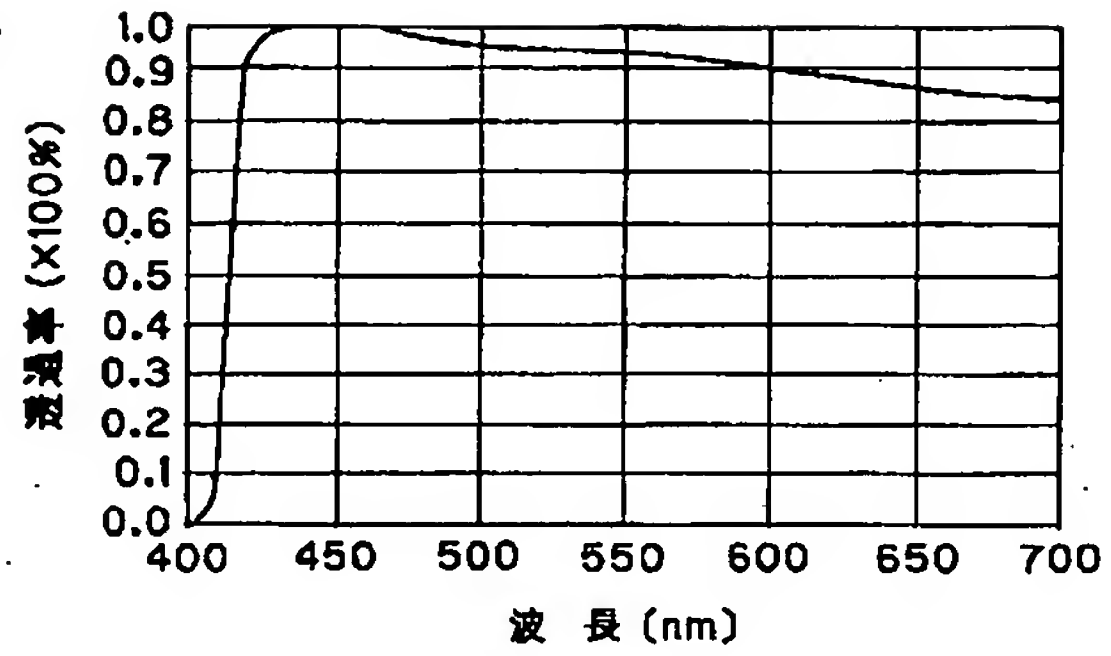
【図11】



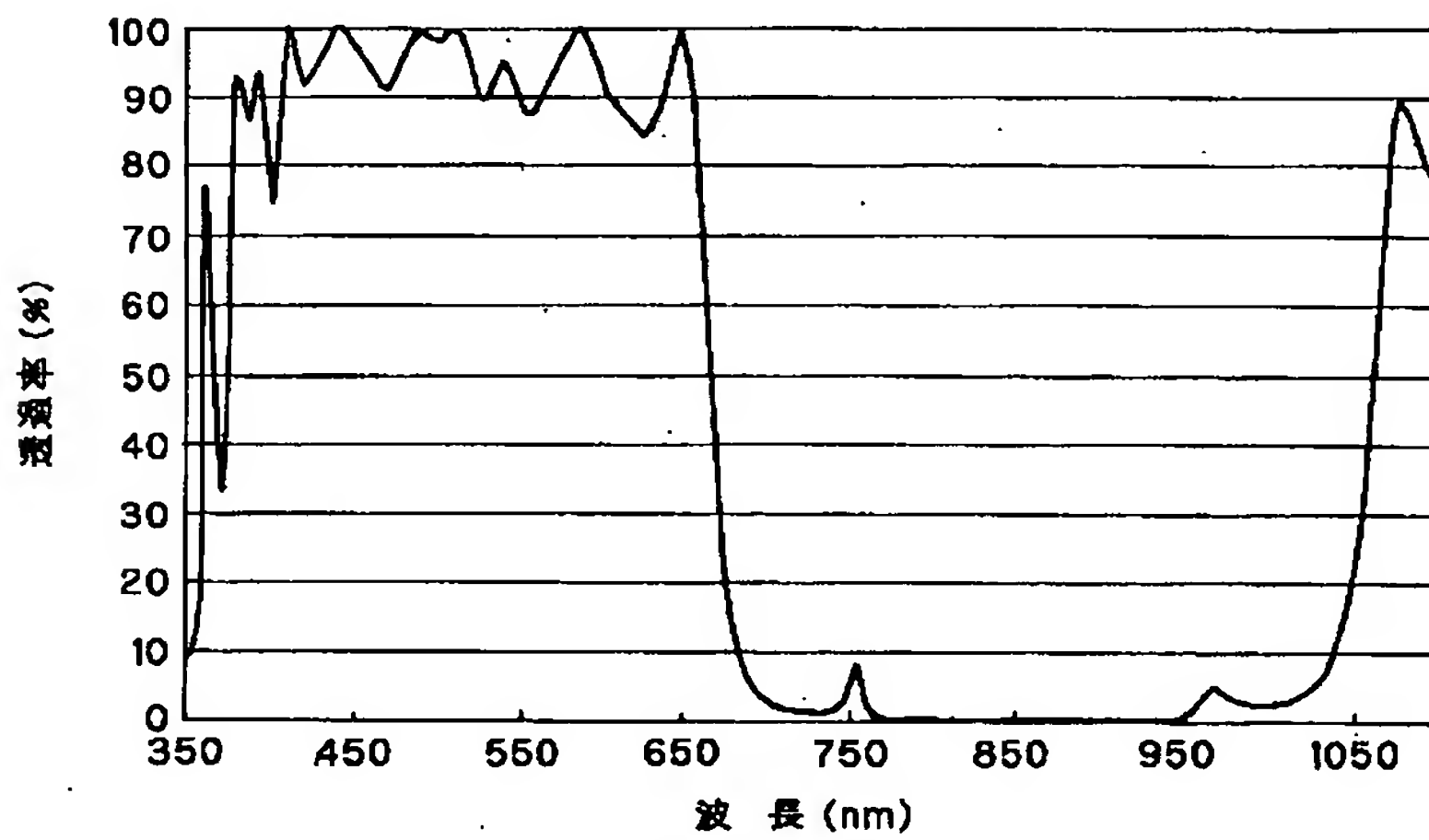
【図12】



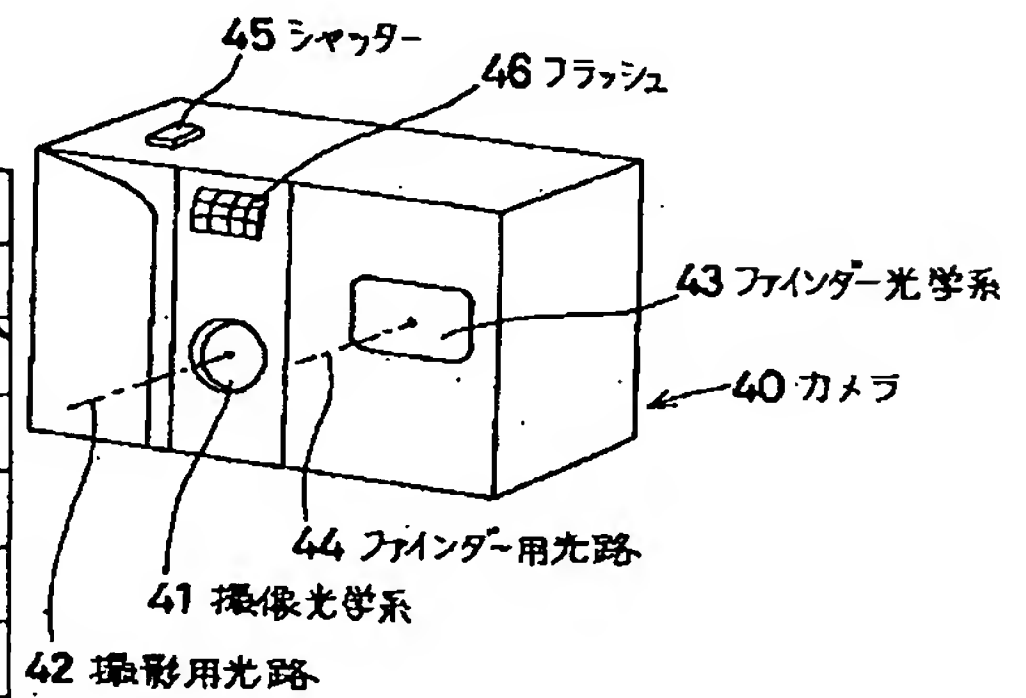
【図14】



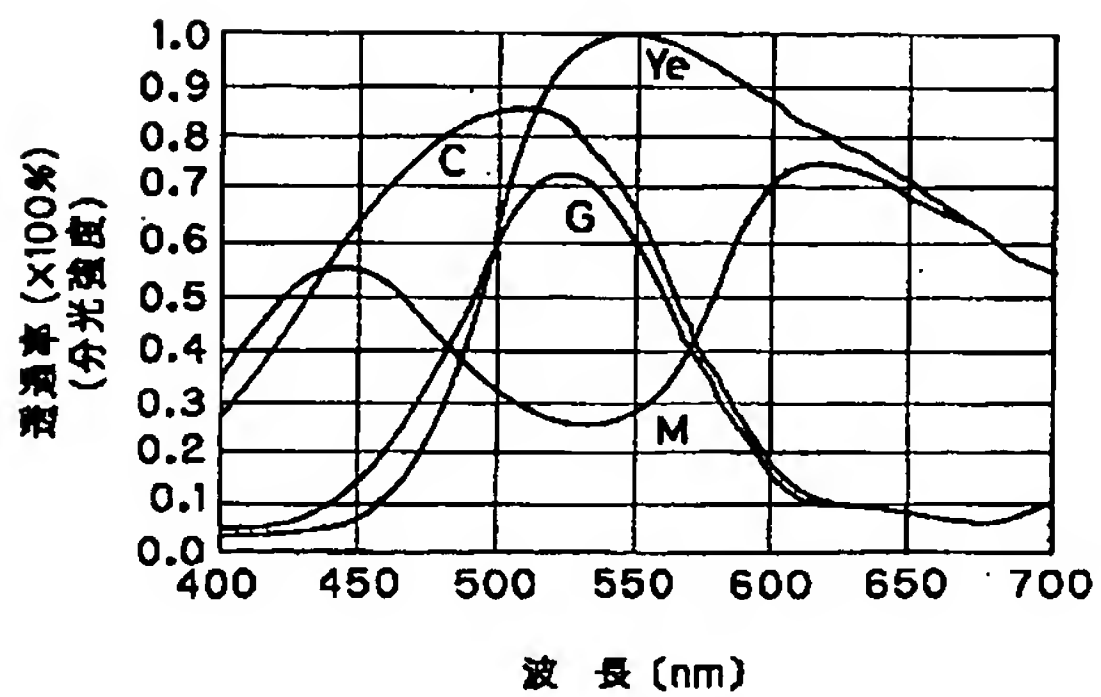
【図13】



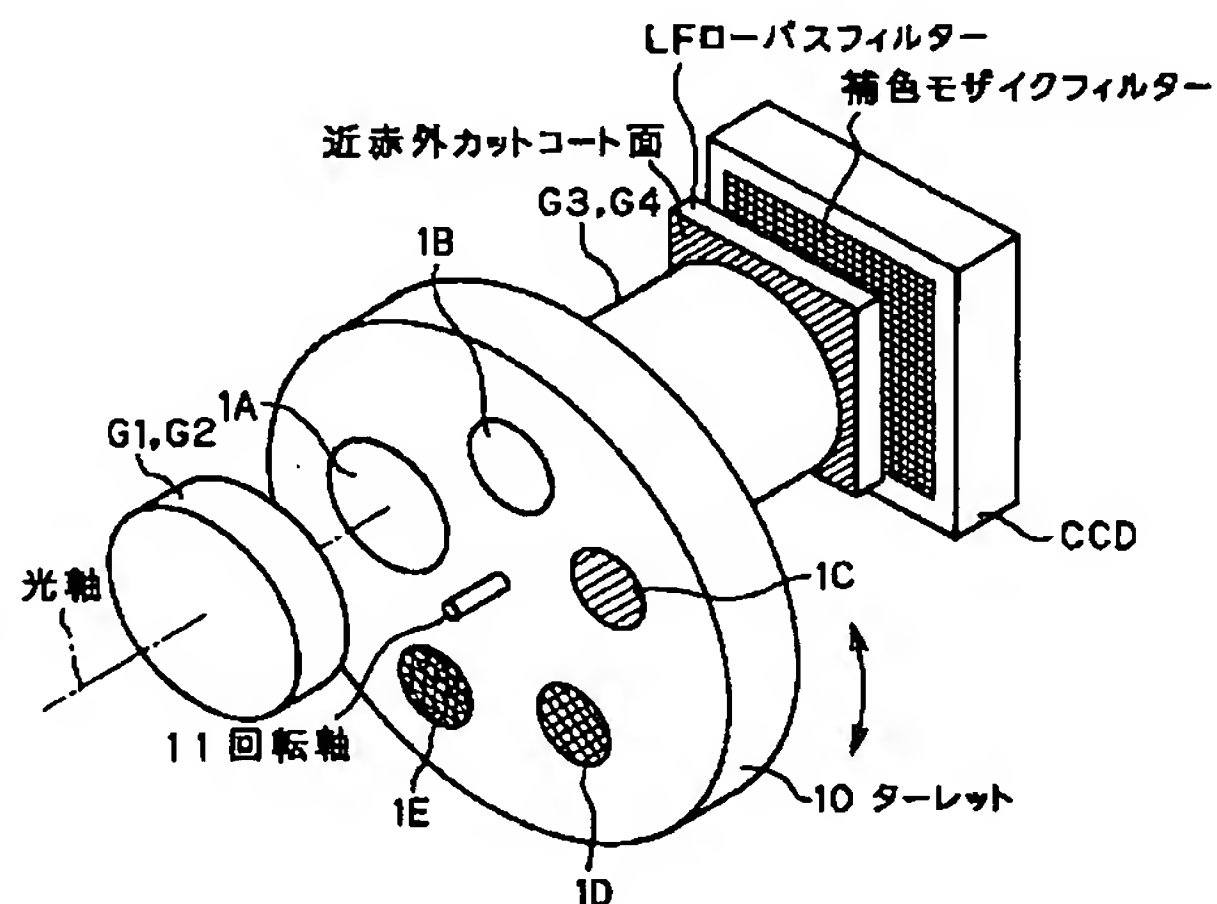
【図19】



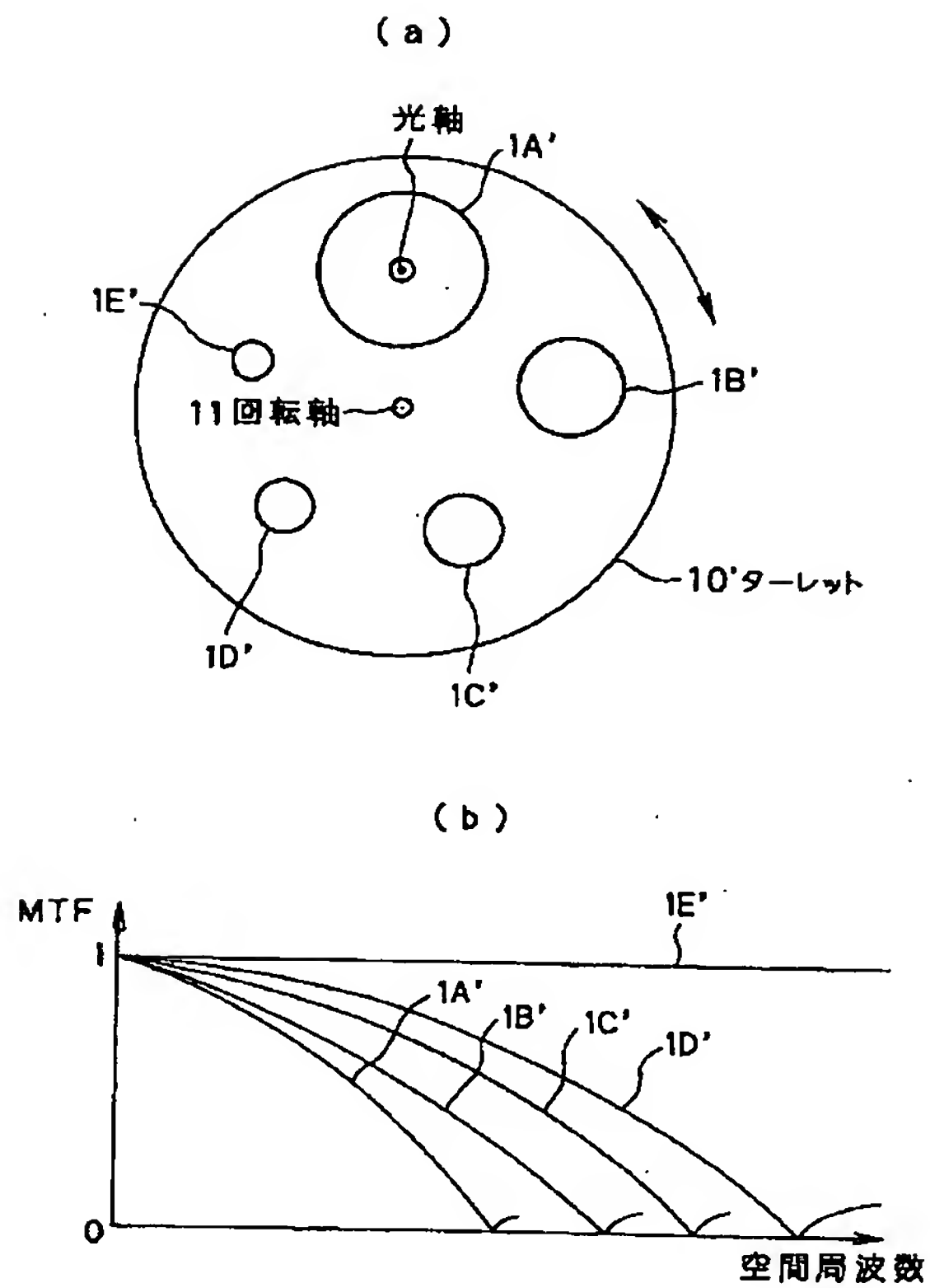
【図16】



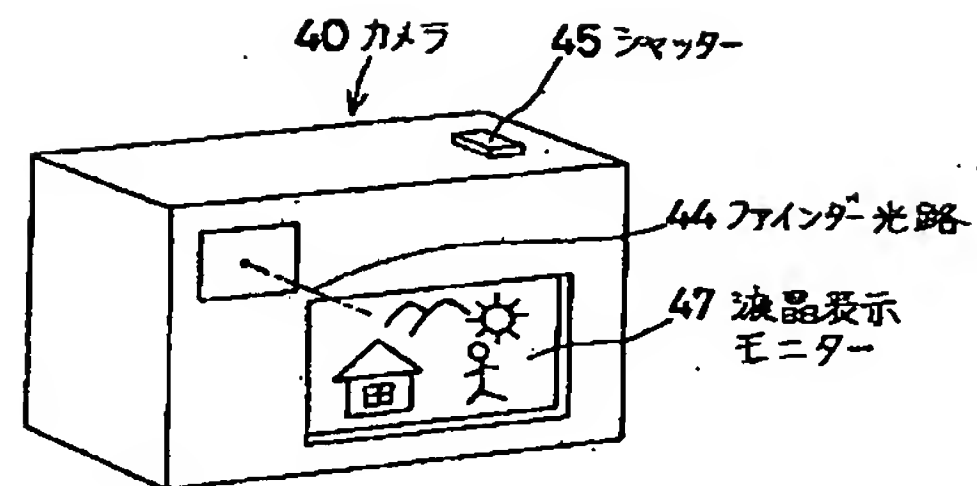
【図17】



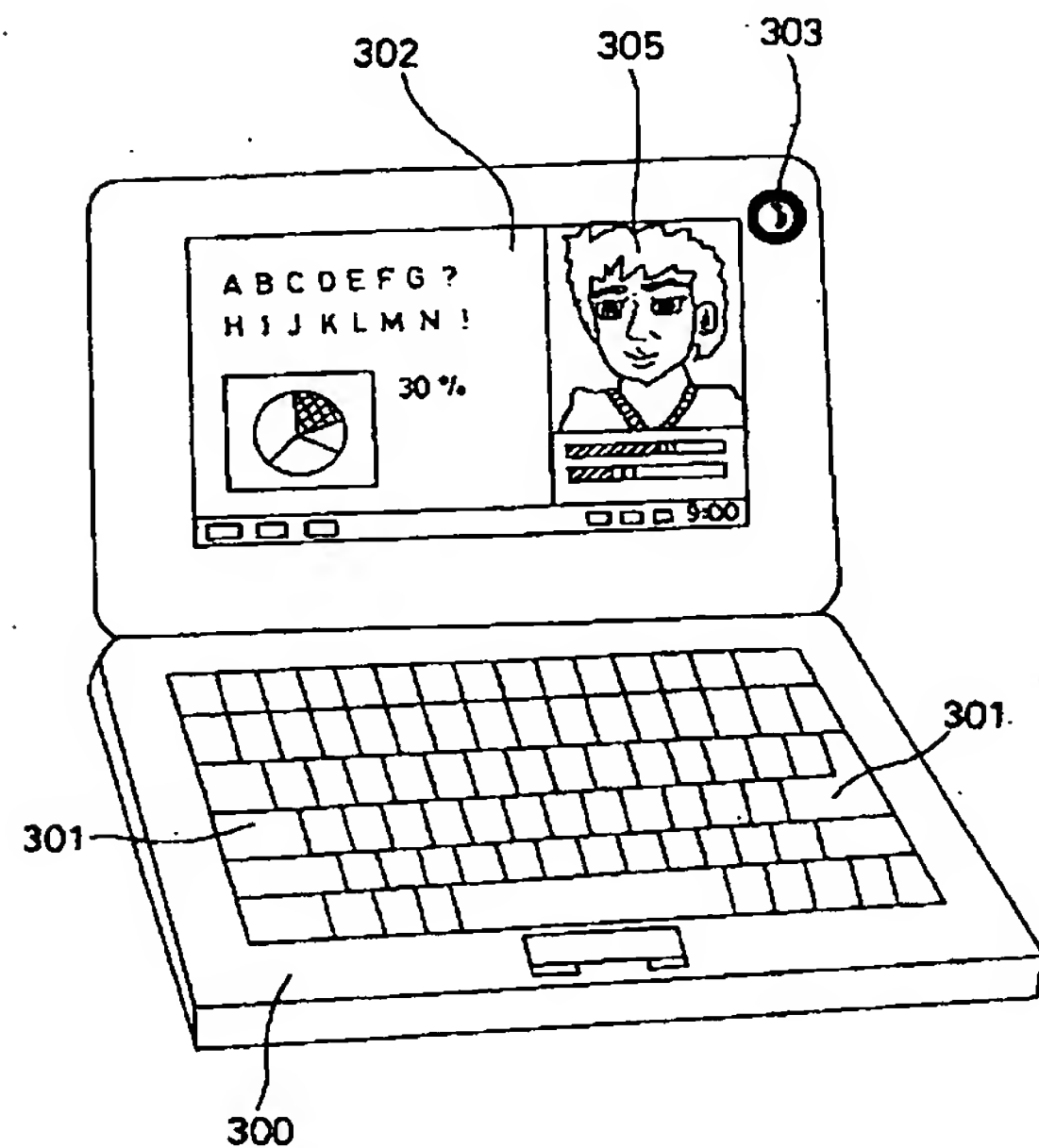
【図18】



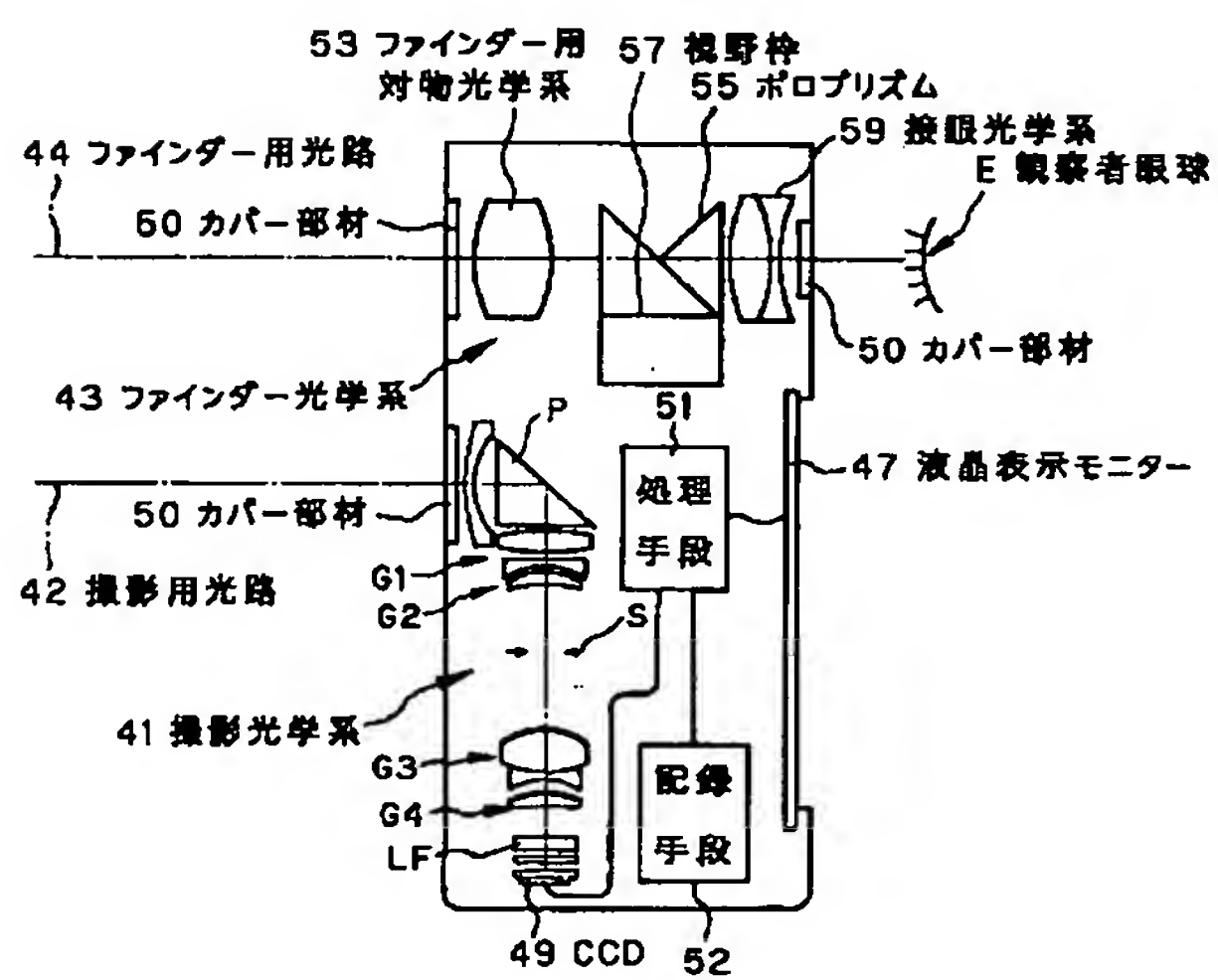
【図20】



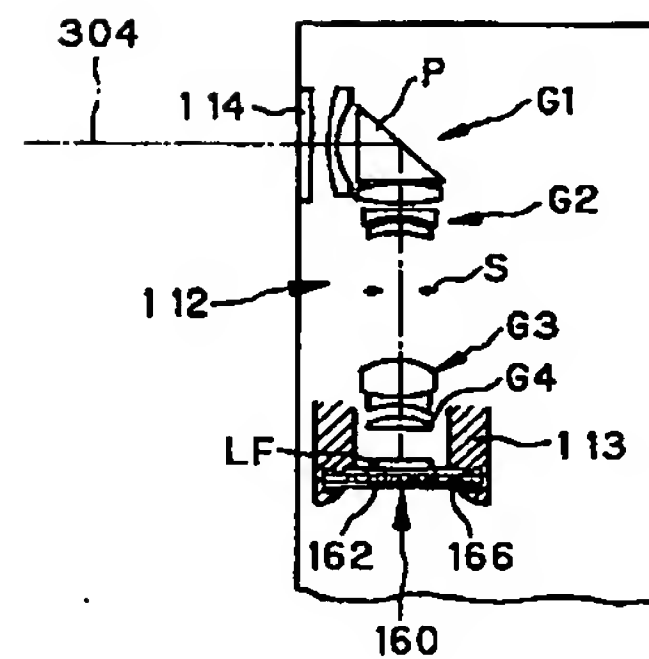
【図22】



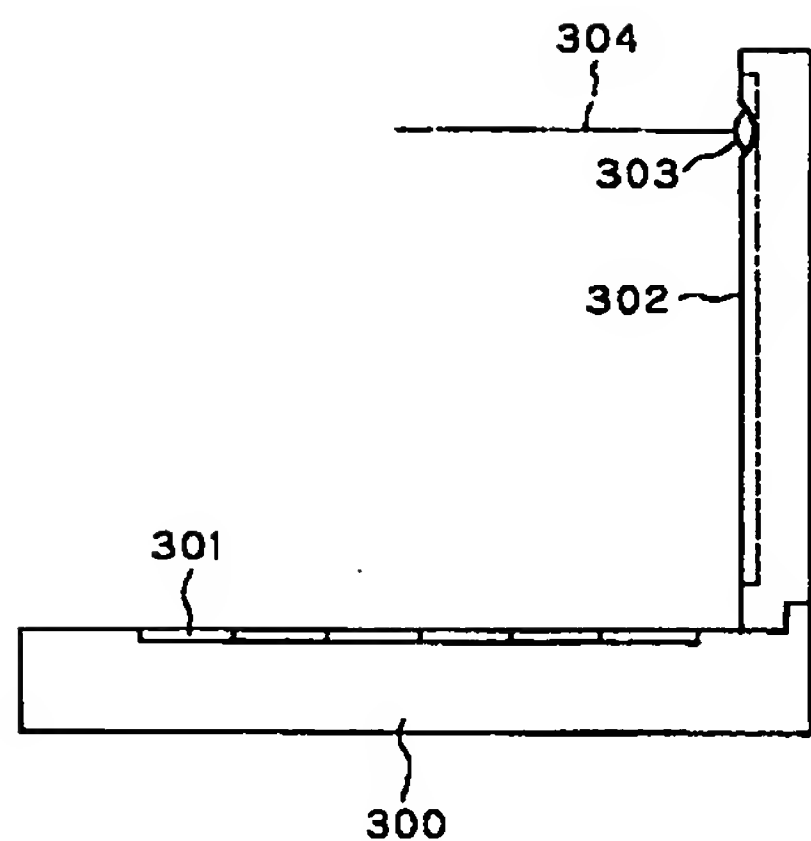
【図21】



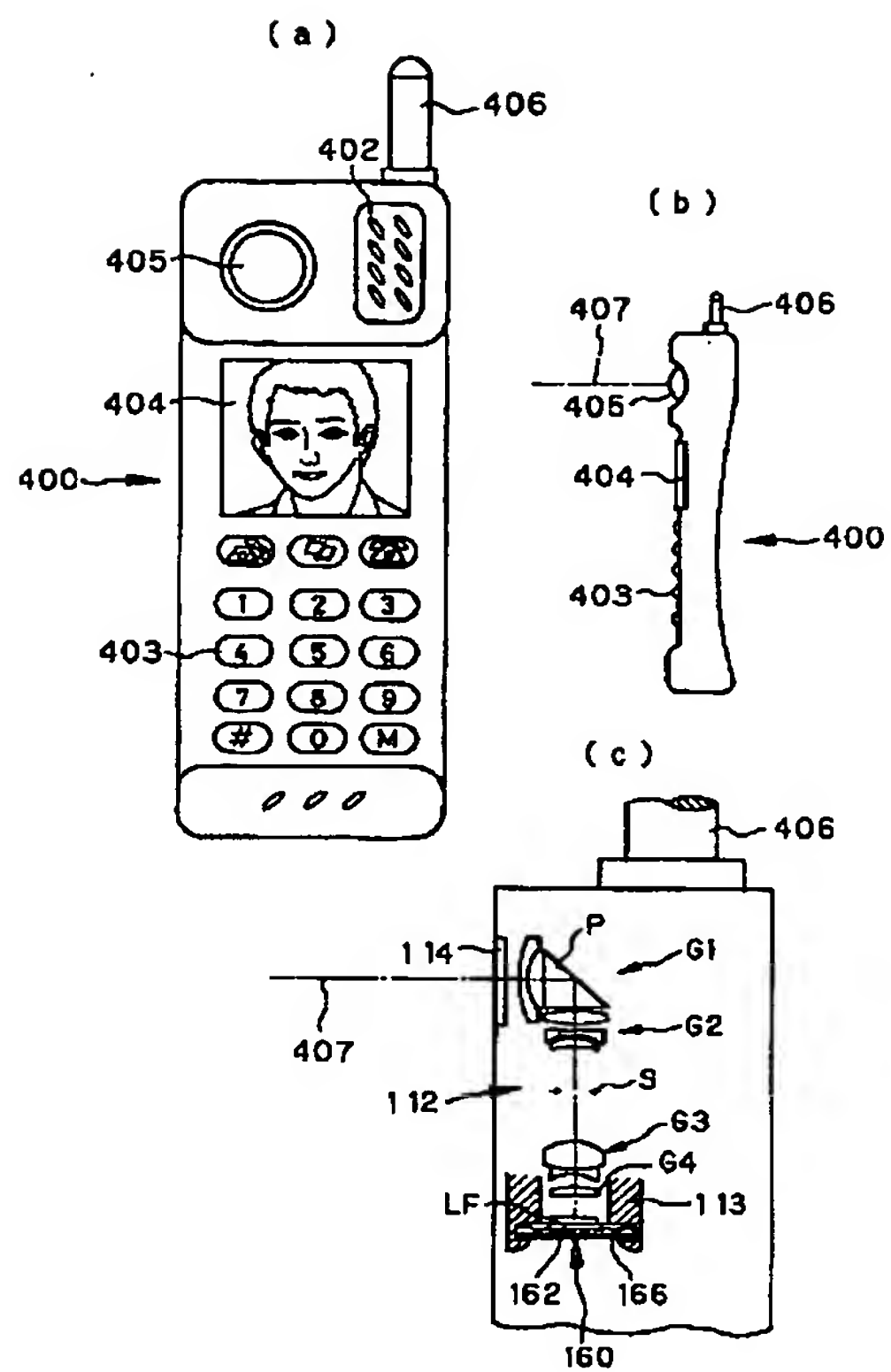
【図23】



【図24】



【図25】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA03 MA15 PA06 PA07 PA18
 PA19 PB07 PB08 QA02 QA06
 QA17 QA21 QA26 QA32 QA41
 QA42 QA45 QA46 RA05 RA12
 RA13 RA32 RA41 RA43 SA22
 SA27 SA29 SA32 SA63 SA64
 SA65 SA72 SB03 SB13 SB23
 SB24 SB32

2H101 DD65

5C022 AA13 AB66 AC51 AC55

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-302576

(43)Date of publication of application : 24.10.2003

(51)Int.Cl. G02B 15/20
G02B 13/18
G03B 17/17
H04N 5/225
// H04N101:00

(21)Application number : 2002- (71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO
106378 LTD

(22)Date of filing : 09.04.2002 (72)Inventor : MIHARA SHINICHI

(54) ZOOM LENS AND ELECTRONIC IMAGE PICKUP DEVICE USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a zoom lens easily provided with a constitution for deflecting an optical path and having high optical specification performance such as a high zoom ratio, a wide viewing angle, a small F value and little aberration.

SOLUTION: The zoom lens has: a 1st lens group G1 fixed in power variation; a 2nd lens group G2 having negative refractive power and moving in power variation; a 3rd lens group G3 having positive refractive power and moving in power variation; and a 4th lens group G4 having positive refractive power and moving in power variation and in a focusing operation. The 1st lens group G1 is constituted of a negative meniscus lens whose convex surface faces to an object side, a catoptric element P for deflecting the optical path and a positive lens in this order from the object side. The movement locus of the 4th lens group G4 is in a reverse direction to the movement of the 3rd lens group G3 in power variation in the case of focusing on an infinity object point.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The 2nd lens group that has the 1st fixed lens group and negative refracting power at the time of variable power and moves in order from the object side at the time of variable power. Have the 3rd lens group that has positive refracting power and moves at the time of variable power and the 4th lens group that has positive refracting power and moves at the time of variable power and

focusing operation and said 1st lens group A zoom lens comprising a catoptric light study element for bending a negative meniscus lens and an optical path which turned a convex to the object side sequentially from the object side and a positive lens.

[Claim 2] The 2nd lens group that has the 1st fixed lens group and negative refracting power at the time of variable power and moves in order from the object side at the time of variable power In [have the 3rd lens group that has positive refracting power and moves at the time of variable power and the 4th lens group that has positive refracting power and moves at the time of variable power and focusing operation and said 1st lens group has a catoptric light study element for bending an optical path and] the time of an infinite distance object point focus A zoom lens wherein a moving track of said 4th lens group serves as an opposite direction to movement at the time of variable power of said 3rd lens group.

[Claim 3] The zoom lens according to claim 1 characterized by a moving track of said 4th lens group serving as an opposite direction to movement at the time of variable power of said 3rd lens group at the time of an infinite distance object point focus.

[Claim 4] A zoom lens of three given in any 1 paragraph from claim 1 wherein only said 4th lens group moves at the time of focusing operation.

[Claim 5] A zoom lens of four given in any 1 paragraph from claim 1 wherein said 3rd lens group contains at least one lens component by which a field of both sides was constituted from an aspheric surface including at least one cemented lens component to which said 3rd lens group joined a positive lens and a negative lens.

[Claim 6] The zoom lens according to claim 1 or 3 satisfying the following conditions (1) and (2).

(1) $1.4 < -f_{11}/\sqrt{f_w \text{ and } f_T} < 2.4$ (2) It corrects $1.2 < f_{12}/\sqrt{f_w \text{ and } f_T} < 2.2$ As for f_{11} , a focal distance of a positive lens of the 1st lens group f_w and f_T of a focal distance of a negative meniscus lens of the 1st lens group and f_{12} are the focal distances of a wide angle end of the zoom lens whole system and a tele edge respectively.

[Claim 7] An electronic imaging device comprising:

A zoom lens of six given in any 1 paragraph from claim 1.

An electronic image sensor arranged on the image side.

[Claim 8] An electronic imaging device which is provided with the following and characterized by said zoom lens satisfying the following conditions (3).

Claims 1 and 3 a zoom lens of six given in any 1 paragraph.

An electronic image sensor arranged on the image side.

(3) Air conversion length when $0.8 < d/L < 2.0$ however d are measured in accordance with an optic axis from an image side surface of a negative meniscus lens of the 1st lens group to an object side of a positive lens and L are the diagonal length of a valid imaging region of an electronic image sensor.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to electronic imaging devices including the video camera and digital camera which realized slimming down of the depth direction by the device of optical system sections such as a zoom lens especially about a zoom lens and the electronic imaging device which used it.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years the digital camera (electronic camera) has attracted attention as a next-generation camera which replaces 35 mm of silver salt film (135 format) camera. It has many categories increasingly in the range with a business-use highly efficient type to a portable broad spread type.

[0003] In this invention depth is aiming to provide the art of realizing a thin video camera with good user-friendliness and a digital camera securing high definition especially paying attention to a category portable spread type.

[0004] It is the chief obstacle making the depth direction of a camera thin -- an optical system especially a zoom lens system -- its thickness from the field by the side of an object to an imaging surface most.

[0005] Although the optical system has projected the mainstream of the camera body slimming-down art in these days out of the camera body at the time of photography it is adopting what is called a collapsible-mount-type body tube stored at the time of carrying. As an example of the optical system which has a possibility that a collapsible-mount-type body tube is adopted and it can slim down effectively there are things such as JP11-194274A, JP11-287953A and JP2000-9997A. These have the 1st group that has negative refracting power and the 2nd group including positive refracting power sequentially from the object side.

It moves at both the times of variable power.

However if a collapsible-mount-type body tube is adopted the time for rising from a lens housed state to condition of use is taken and it is not desirable on user-friendliness. If the lens group by the side of an object is most made movable it is not desirable on water proof / protection against dust.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention is made in view of such a problem of conventional technology and the purpose. In order to consider it as a camera with water proof / protection-against-dust top there is no rise time (a lens pushing out time) to the condition of use of a camera which is looked at by the collapsible-mount-type body tube and preferred and a very thin depth direction. It is providing the electronic imaging device using the zoom lens and it which composition straight with catoptric light study elements such as a mirror tends to take the optical path (optic axis) of an optical system and have high optical specification performances such as a high zoom ratio, a wide field angle, a small F value and little aberration.

[0007]

[Means for Solving the Problem]One zoom lens of this invention for attaining the above-mentioned purposeThe 2nd lens group that has the 1st fixed lens group and negative refracting power at the time of variable powerand moves in order from the object side at the time of variable powerHave the 3rd lens group that has positive refracting power and moves at the time of variable powerand the 4th lens group that has positive refracting power and moves at the time of variable power and focusing operationand said 1st lens groupIt comprises a catoptric light study element for bending a negative meniscus lens and an optical path which turned a convex to the object side sequentially from the object sideand a positive lens.

[0008]In order another zoom lens of this invention from the object side at the time of variable power The 1st fixed lens groupThe 2nd lens group that has negative refracting power and moves at the time of variable powerthe 3rd lens group that has positive refracting power and moves at the time of variable powerIn [have the 4th lens group that has positive refracting power and moves at the time of variable power and focusing operationand said 1st lens group has a catoptric light study element for bending an optical pathand] the time of an infinite distance object point focusA moving track of said 4th lens group serves as an opposite direction to movement at the time of variable power of said 3rd lens group.

[0009]A reason and an operation which take the above-mentioned composition in this invention below are explained.

[0010]In order a zoom lens of this invention from the object side at the time of variable power The 1st fixed lens groupComposition which has the 2nd lens group that has negative refracting power and moves at the time of variable powerthe 3rd lens group that has positive refracting power and moves at the time of variable powerand the 4th lens group that has positive refracting power and moves at the time of variable power and focusing operation is adoptedIn order for there to be no rise time (a lens pushing out time) to condition of use of a camera which is looked at by collapsible-mount-type body tubeto consider the 1st lens group as immobilization at the time of variable power so that water proof / protection-against-dust top may also be advantageousand to make a depth direction of a camera very thinAt least one catoptric light study element for bending an optical path is provided in the 1st lens group of a lens system that is an object side most.

[0011]Howeverwhen a catoptric light study element for bending an optical path is provided in the 1st lens groupthere are the following two problems.

[0012]A. An entrance pupil becomes deepeach lens element which constitutes the 1st lens group from the first with a big path is enlarged furtherand the completion of optical-path bending becomes a problem.

[0013]B. Magnification of a constructional system after the 2nd lens group that has a variable power function from the firstor the 3rd lens group becomes close to zeroand a variable power rate becomes low considering movement magnitude.

[0014]Firstthe above-mentioned bending formation conditions are explained.

Although zoom form like this invention is looked at by JP10-62687A and JP11-258507Afor exampleIf a catoptric light study element for bending an optical path is provided in the 1st lens groupit will be in a tendency for an entrance pupil position

to become deep inevitably a path and size of each optical element which constitute the 1st lens group will be enlarged and optical-path bending will become difficult to be materialized physically. Therefore the 1st lens group is good to constitute from a catoptric light study element for bending a negative meniscus lens and an optical path which turned a convex and a positive lens and to be satisfied with the object side of the following conditions sequentially from the object side.

[0015]

(1) $1.4 < -f_{11}/\sqrt{f_w \text{ and } f_T} < 2.4$ (2) $1.2 < f_{12}/\sqrt{f_w \text{ and } f_T} < 2.2$ (3) $0.8 < d/L < 2.0$ (4) $1.55 < n_{\text{pri}}$ -- however A focal distance of a negative meniscus lens of the 1st lens group and f_{12} f_{11} A focal distance of a positive lens of the 1st lens group f_w and f_T respectively A wide angle end of the zoom lens whole system Air conversion length when a focal distance of a tele edge and d are measured in accordance with an optic axis from an image side surface of a negative meniscus lens of the 1st lens group to an object side of a positive lens It is a refractive index of a medium to d line in case a catoptric light study element for L to bend diagonal length of a valid imaging region (approximately rectangle) of an electronic image sensor and for n_{pri} bend an optical path of the 1st lens group is prism.

[0016] In order to make an entrance pupil shallow and to make optical-path bending possible physically as shown in conditions (1) and (2) it is good to strengthen power of a lens element of both sides of the 1st lens group. A path and size of each optical element of upper limit of both conditions which constitute the 1st lens group if an entrance pupil is still deep when 2.4 and 2.2 are exceeded respectively and it is going to secure a certain amount of field angle are enlarged and optical-path bending becomes difficult to be materialized physically. Transverse-chromatic-aberration amendment of a distortion aberration etc. and amendment of a chromatic aberration become difficult at the same time it is easy to produce problems like whether movement magnitude increases and magnification which a lens group which moves for variable power of a lower limit which will follow the 1st lens group if 1.4 and 1.2 are exceeded respectively can take becomes close to zero and a variable power ratio becomes.

[0017] Conditions (3) are regulations of length measured in accordance with an optic axis required in order to provide a catoptric light study element for bending an optical path. Although the smaller possible one of a value of this condition is good if 0.8 of that lower limit is exceeded light flux which contributes to image formation of a screen periphery will not reach satisfaction in the image surface or it will be easy to generate a ghost. if 2.0 of upper limit is exceeded -- conditions (1) and (2) -- optical-path bending becomes difficult to be materialized physically in a similar manner.

[0018] It is good to use an optical-path bending element of the 1st lens group as prism which differs in an entrance plane and a projection surface from curvature of a flat surface or a lens side of both sides in order to shorten the air conversion length d of conditions (3) and to make the medium refractive index as high as possible like conditions (4) from the above viewpoint. If 1.55 of a condition (4) lower limit is exceeded optical-path bending will become difficult to be materialized

physically. It is preferred that n_{pri} does not exceed 1.90. If 1.90 is exceeded prism will become expensive and it will become easy to generate a ghost by total internal reflection.

[0019] It is better to perform as follows any one or more or all of condition (1) – (4).

[0020]

(1) -- ' $1.5 < -f_{11}/\text{root}(f_w \text{ and } f_T) < 2.2$ (2)' -- ' $1.3 < f_{12}/\text{root}(f_w \text{ and } f_T) < 2.0$ (3) -- ' $0.9 < d/L < 1.7$ (4)' -- to a $1.65 < n_{pri}$ pan. Conditions (1) It is still better to perform as follows any one or more of the – (4). It is best to perform especially all as follows.

[0021]

(1) in time with " $1.6 < -f_{11}/\text{root}(f_w \text{ and } f_T) < 2.0$ (2)" " $1.4 < f_{12}/\text{root}(f_w \text{ and } f_T) < 1.8$ (3)" " $1.0 < d/L < 1.5$ (4)" " $1.75 < n_{pri}$ ". As for a zoom lens of this invention it is desirable to satisfy the following conditions (a).

[0022] (a) $1.8 < f_T/f_w$ however f_w and f_T are the focal distances of a wide angle end of the zoom lens whole system and a tele edge respectively.

[0023] If 1.8 of a lower limit of this conditional expression is exceeded a variable power ratio of the zoom lens whole system means being smaller than 1.8. In this case it is still more preferred that f_T/f_w does not exceed 5.5. Since a variable power ratio will become large and movement magnitude of a lens group which moves at the time of variable power will become large too much if 5.5 is exceeded enlargement in a direction which bent an optical path takes place and it becomes impossible to constitute a compact imaging device.

[0024] Next variable power ratio reservation is explained. When the 1st lens group of this invention has positive refracting power compared with a case where it does not have a catoptric light study element for bending an optical path a principal point position is on an image side clearly. Then in the case of the same refracting power an image point position by the 1st lens group will turn on an image side more namely an object point position over the 2nd lens group becomes further. Therefore even if magnification of the 2nd lens group approaches and moves to zero change of a focal distance of the whole system decreases. In order to cancel it a focal distance of the 1st lens group is shortened (on the other hand a whole system focal distance becomes shorter than predetermined.) and there is a method of lengthening a focal distance of the 2nd lens group to some extent and enlarging magnification. Since a variable power function can also be given to a constructional system after the 3rd lens group in this invention it is possible to set up magnification and variable power rate relations of both skillfully and to carry out variable power of the zoom lens whole system efficiently. Hereafter the concrete condition is provided by the conditions (5)(6) and (7).

[0025] (5) $0.4 < -\beta_{2W} < 1.2$ (6) $0.1 < -\beta_{RW} < 0.5$ (7) It corrects $0 < \log \gamma_R / \log \gamma_2 < 1.3$ Magnification of the 2nd lens group [in / in β_{2W} / a wide angle end at the time of an infinite distance object point focus] Synthetic magnification of a constructional system of the 3rd lens group [in / in β_{RW} / a wide angle end at the time of an infinite distance object point focus] and all the lens groups after it β_{2T}/β_{2W} when γ_2 makes β_{2T} magnification of the 2nd lens group in a tele edge at the time of an infinite distance object point focus γ_R is

β_{RT}/β_{RW} when synthetic magnification of a constructional system of the 3rd lens group in a tele edge at the time of an infinite distance object point focus and all the lens groups after it is made into β_{RT} .

[0026]each of conditions (5) and (6) -- if 0.4 of a minimum and 0.1 are exceeded a sufficiently high variable power rate is not obtained in the zoom lens whole system or a move space will become large too much and size will be enlarged. A focal distance of the 1st lens group becomes short too much it is sufficient the PETTSU bar sum becomes large and amendment of each aberration becomes difficult. If 1.3 of a maximum of conditions (7) is exceeded change of an F value by variable power or an exit pupil position becomes large too much and is not preferred. if 0 of the minimum is exceeded an entrance pupil will become deep too much -- optical-path bending -- physical -- being materialized -- hard -- **. In the zoom lens whole system a sufficiently high variable power rate is not obtained anyway or a move space becomes large too much and size is enlarged.

[0027]It is better to perform as follows any one or more or all of condition (5) - (7).

[0028](5) -- ' $0.4 < \beta_{2W} < 1.1$ (6) -- ' $0.20 < \beta_{RW} < 0.45$ (7)' -- $0.15 < \log \gamma_R / \log \gamma_2 < 1.2$ -- it is still better to perform as follows any one or more of the condition (5) - (7). It is best to perform especially all as follows.

[0029](5) -- " $0.6 < \beta_{2W} < 1.0$ (6)" $0.25 < \beta_{RW} < 0.4$ (7) -- " $0.25 < \log \gamma_R / \log \gamma_2 < 1.0$ condition (5) - (7) it is good to carry out as shown in the following conditions (8) and (9).

[0030]

(8) It corrects $1.6 < f_1 / \sqrt{f_W \text{ and } f_T} < 6.0$ (9) $1.1 < -f_2 / \sqrt{f_W \text{ and } f_T} < 2.2$ As for f_1 a focal distance of the 2nd lens group f_W and f_T of a focal distance of the 1st lens group and f_2 are the focal distances of a wide angle end of the zoom lens whole system and a tele edge respectively.

[0031]If 6.0 of a maximum of conditions (8) is exceeded a sufficiently high variable power rate is not obtained in the zoom lens whole system or a move space will become large too much and size will be enlarged. If 1.6 of a minimum is exceeded transverse-chromatic-aberration amendment and chromatic aberration correction will become difficult.

[0032]When 2.2 of a maximum of conditions (9) is exceeded since movement magnitude only for a part for magnification of the 2nd lens group to increase to obtain the variable power rate same on the other hand although variable power efficiency becomes good is proportional to a focal distance it may lower efficiency on the contrary. When 1.1 of a minimum is exceeded magnification of the 2nd lens group is close to zero and variable power efficiency is bad.

[0033]It is better to perform as follows both conditions (8) and (9). [both / either or]

[0034]

(8) -- ' $1.9 < f_1 / \sqrt{f_W \text{ and } f_T} < 4.5$ (9)' -- $1.2 < -f_2 / \sqrt{f_W \text{ and } f_T} < 2.0$ -- further -- any of conditions (8) and (9) -- or it is still better to perform both as follows. It is best to perform especially both as follows.

[0035]

(8) If $2.2 < f_1 / \sqrt{f_w \text{ and } f_T} < 3.0$ (9) $1.3 < -f_2 / \sqrt{f_w \text{ and } f_T} < 1.8$ now magnification of the 2nd lens group are set up highly another problem will occur. It is that the object point to a constructional system after the 3rd lens group that has a variable power function of become [magnification of the 2nd lens group / high] i.e. another becomes far magnification approaches zero and variable power efficiency by a constructional system after the 3rd lens group falls. In order to cancel it there are lengthening a focal distance of a constructional system after the 3rd lens group to some extent and a method of constituting so that a principal point may approach the image point of the 2nd lens group as much as possible. In the case of the former it is good to fulfill the following conditions (10).

[0036]

(10) It corrects $0.8 < f_{RW} / \sqrt{f_w \text{ and } f_T} < 1.7$ A composite focal length of a constructional system of the 3rd lens group [in / in f_{RW} / a wide angle end] and all the lens groups after it f_w and f_T are the focal distances of a wide angle end of the zoom lens whole system and a tele edge respectively.

[0037] If 0.8 of a lower limit of conditions (10) is exceeded variable power efficiency by a constructional system after the 3rd lens group will get worse. If 1.7 of upper limit is exceeded variable power efficiency will get worse for the same reason as conditions (9). It is (b) in the case of the latter in the 3rd lens group. It has at least one convergence side which is from an air contact surface of a convex on an object side with which it is satisfied of $0 < R_p / f_w < 2$ It is (c) from it to the image side. It is good to make it have at least one emission side which is from an air contact surface of concave on an image side with which it is satisfied of $0 < R_N / f_w < 4$. Here R_p and R_N are the curvature radii on an optic axis of a convergence side and an emission side respectively. When other it is difficult to bring a principal point of the 3rd lens group close to the image point of the 2nd lens group.

[0038] It is better to perform it as follows.

[0039]

(10) -- ' -- $0.9 < f_{RW} / \sqrt{f_w \text{ and } f_T} < 1.5$ -- it is best to perform it still as follows.

[0040]

(10) -- " -- $1.0 < f_{RW} / \sqrt{f_w \text{ and } f_T} < 1.3$ -- when carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end in addition a direction to which a focal distance of a constructional system after the 3rd lens group is made to increase is especially preferred like conditions (11) for both.

[0041]

(11) It corrects $1.0 < f_{RT} / f_{RW} < 2.5$ f_{RW} is a composite focal length of a constructional system of the 3rd lens group in a wide angle end and all the lens groups after it and a composite focal length of a constructional system of the 3rd lens group [in / in f_{RT} / a tele edge] and all the lens groups after it.

[0042] If 1.0 of a minimum of conditions (11) is exceeded the variable power effect by a constructional system after the 3rd lens group will be thin movement magnitude of the 2nd lens group will increase an entrance pupil position will become deep and the completion of optical-path bending will fall. If 2.5 of a maximum is exceeded change of an F value by variable power will become large

easily.

[0043]It is better to perform it as follows.

[0044]

(11) It is best for ' $1.1 < f_{RT}/f_{RW} < 2.3$ ' pan to perform it as follows.

[0045]

(11) in order to attain " $1.2 < f_{RT}/f_{RW} < 2.1$ " condition (11) especially an effective method The 3rd lens group allotted to image surface slippage as much as possible in a wide angle end in order to obtain a rate of high variable power originally and a group after it are groups (henceforth) by the side of an object most. it is called the 4th lens group. ***** -- when bringing these near by the object side as much as possible arranging them in a wide angle end conversely and carrying out variable power to the looking-far side it is moving the 3rd lens group to the object side and moving the 4th lens group to the image side on the other hand (at the time of an infinite distance object point focus).

[0046]And it is good to satisfy the following concrete conditions (12) and (13).

[0047]

(12) $0.20 < -M_3/M_2 < 1.50$ (13) It corrects $0.15 < -M_4/M_3 < 1.00$ As for M_2 movement magnitude of the 3rd lens group of a to [from a wide angle end / a tele edge] and M_4 are the movement magnitude of the 4th lens group of a to [from a wide angle end / a tele edge] and movement magnitude of the 2nd lens group of a to [from a wide angle end / a tele edge] and M_3 make a plus sign movement by the side of an imager respectively.

[0048]If 1.50 of a maximum of conditions (12) is exceeded change of an F value by variable power or an exit pupil position becomes large too much and is not preferred. If 0.20 of a minimum is exceeded an entrance pupil will become deep too much and optical-path bending will become difficult to be materialized physically.

In the zoom lens whole system a sufficiently high variable power rate is not obtained anyway or a move space becomes large too much and size is enlarged.

[0049]If 1.00 of a maximum of conditions (13) is exceeded although magnification of a constructional system after the 3rd lens group becomes high since a main moving group is the 4th lens group that bears a focus magnification fluctuations at the time of a focus become large easily and it is not preferred [magnification fluctuations]. If 0.15 of a minimum is exceeded a principal point position of a constructional system after the 3rd lens group will keep away from the image point of the 2nd lens group and a focal distance of a constructional system after the 3rd lens group will become [whether variable power efficiency falls and] easily or unreasonableness will arise in lens constitution after the 3rd lens group and aberration compensation will be restricted.

[0050]It is better to perform as follows both conditions (12) and (13). [both / either or]

[0051]

(12) It is still better for ' $0.30 < -M_3/M_2 < 1.40$ ' (13) ' $0.20 < -M_4/M_3 < 0.80$ ' pan to perform as follows both conditions (12) and (13). [both / either or] It is best to perform especially both as follows.

[0052]

(12) It is good to perform [which is " $0.40 < -M_3/M_2 < 1.30$ (13)" $0.25 < -M_4/M_3 < 0.60$] a focus by the 4th lens group. In that case it is good to fulfill the following conditions (14).

[0053]

(14) $0.10 < D_{34W}/f_w < 0.70$ however air spacing of the 3rd lens group at the time of an infinite distance object point focus [in / in D_{34W} / a wide angle end] and the 4th lens group and f_w are the focal distances of a wide angle end of the zoom lens whole system.

[0054] If 0.10 of a minimum of this conditional expression is exceeded there will be no space where it moves for a focus and the 3rd lens group and the 4th lens group will tend to interfere. If 0.70 of a maximum is exceeded movable spaces for variable power run short easily conversely.

[0055] It is better to perform it as follows.

[0056]

(14) It is best for ' $0.15 < D_{34W}/f_w < 0.60$ pan to perform it as follows.

[0057]

(14) When the focus of " $0.20 < D_{34W}/f_w < 0.50$ one side and the 4th lens group is moved and carried out it is in a tendency for astigmatism to collapse greatly generally. It is easy to generate when residual astigmatism to the 3rd lens group is especially amended by the 4th lens group. Therefore both refracting interfaces of any one lens component of the lens component containing a cemented lens component which constitutes the 3rd lens group are good to consider it as an aspheric surface. Since a chromatic aberration is also good to amend in the 3rd high lens group of beam-of-light quantity generally it is good for the 3rd lens group to make it at least one cemented lens component of a positive lens and a negative lens included. In accordance with an optical path only both sides touch space and a lens component is a lens which does not have an air contact surface in an optical path other than it and means a single lens or a cemented lens here.

[0058] Composition by two groups [three] of a single lens whose cemented lens component and both sides of a positive lens and a negative lens are aspheric surfaces sequentially from the 1 object side when composition of the 3rd lens group is stated more to details 2) As for both air contact surfaces sequentially from the object side it is good any of composition ** by one groups [two] of only a cemented lens component of a positive lens and a negative lens which are aspheric surfaces they are sequentially from a composition side by two groups [three] of a cemented lens component of a single lens a positive lens and a negative lens whose both sides are aspheric surfaces and the 3 object side. In the case of which relative eccentricity sensitivity of the lens elements which constitute the 3rd lens group can be eased by these junction.

[0059] It is good to fill the following conditions (15-1) and (15-2) (conditions about aberration compensation (15-3) and eccentric sensitivity relaxation) corresponding to the composition types 12 and 3 in such 3rd lens group respectively.

[0060]

(15-1) $1.05 < R_{C3}/R_{C1} < 3.00$ (15-2) $0.25 < R_{C3}/R_{C1} < 0.75$ (15-3) It corrects $1.20 < R_{C3}/R_{C1} < 3.60$ R_{C1} is a curvature radius on an optic axis of the maximum object side of a cemented lens component and R_{C3} is a curvature radius on an optic axis of the maximum image side surface of a cemented lens component.

[0061] If each maximum 3.00 of these conditions (15-1)(15-2) and (15-3) 0.75 and 3.60 are exceeded it is advantageous to a spherical aberration and a coma aberration of whole system aberration and astigmatic amendment but there are few effects of relaxation of eccentric sensitivity by junction. If 1.05 of each minimum 0.25 and 1.20 are exceeded a spherical aberration and a coma aberration of whole system aberration and astigmatic amendment will become difficult easily.

[0062] It is better to perform it as follows.

[0063]

(15-1) It is best for ' $1.15 < R_{C3}/R_{C1} < 2.50$ (15-2) ' $0.30 < R_{C3}/R_{C1} < 0.65$ (15-3)' $1.40 < R_{C3}/R_{C1} < 3.00$ can to perform it as follows.

[0064]

(15-1) " $1.25 < R_{C3}/R_{C1} < 2.00$ (15-2) " $0.35 < R_{C3}/R_{C1} < 0.55$ (15-3)" -- $1.60 < R_{C3}/R_{C1} < 2.40$ -- further It is good to fill conditions (16-1) about the following chromatic aberration correction (17-1)(16-2)(17-2)(16-3) and (17-3) corresponding to the composition types 12 and 3 in the 3rd lens group respectively.

[0065]

(16-1) $-0.7 < L/R_{C2} < 0.1$ (17-1) $10 < nu_{CP} - nu_{CN}$ (16-2) $-0.5 < L/R_{C2} < 0.3$ (17-2) $20 < nu_{CP} - nu_{CN}$ (16-3). $-0.9 < L/R_{C2} < -0.1$ (17-3) $10 < nu_{CP} - nu_{CN}$ -- however Diagonal length (mm) of a valid imaging region of an electronic image sensor and R_{C2} L A curvature radius on an optic axis of a plane of composition of a cemented lens component of the 3rd lens group nu_{CP} is an Abbe number in d line standard of a medium of a positive lens of a cemented lens component of the 3rd lens group and nu_{CN} is an Abbe number in d line standard of a medium of a negative lens of a cemented lens component of the 3rd lens group. It is a premise to use it about an electronic image sensor so that a wide angle end field angle may contain not less than 55 degrees.

[0066] a minimum of conditions (16-1)(16-2) and (16-3) -- if -0.7 -0.5 and -0.9 are exceeded respectively -- an axis -- a top tone -- advantageous to amendment of aberration and the chromatic aberration of magnification -- but Even if it is easy to generate a chromatic aberration of a spherical aberration and a spherical aberration especially in a reference wavelength can amend good since a spherical aberration of short wavelength will be in an exaggerated correction state and causes a blot of a color in a picture it is not preferred. If maximum each 0.10.3 and -0.1 are exceeded an axis top chromatic aberration and the chromatic aberration of magnification will be in a under correction state of a shortage of amendment or a short wavelength spherical aberration easily.

[0067] a minimum of conditions (17-1)(17-2) and (17-3) -- if 10 20 and 10 are exceeded respectively -- an axis -- a top tone -- aberration becomes the shortage of amendment easily. It may be provided in conditions (17-1)(17-2) and (17-3) that 90 is not exceeded as a maximum. Combination of a medium exceeding

the upper limit 90 does not exist in a nature. It is preferred to keep $nu_{CP}-nu_{CN}$ from exceeding 60. Material to be used will become expensive if the upper limit 60 is exceeded.

[0068]any of conditions (16-1) and each of (17-1)(16-2)(17-2)(16-3)and (17-3) -- or it is better to perform both as follows.

[0069]

(16-1) ' $-0.6 < L/R_{C2} < 0.0$. (17-1) ' $15 < nu_{CP}-nu_{CN}$. (16-2) To a ' $-0.4 < L/R_{C2} < 0.2$ (17-2)' $25 < nu_{CP}-nu_{CN}$ (16-3)' $-0.8 < L/R_{C2} < -0.2$ (17-3)' $15 < nu_{CP}-nu_{CN}$ panconditions (16-1) and (17-1)It is still better to perform as follows both (16-2)(17-2)(16-3)and each (17-3). [both / either or] It is best to perform especially both as follows.

[0070]

(16-1) " $-0.5 < L/R_{C2} < -0.1$. (17-1) " $20 < nu_{CP}-nu_{CN}$. (16-2) About " $-0.3 < L/R_{C2} < 0.1$ (17-2) " $30 < nu_{CP}-nu_{CN}$ (16-3)" $-0.7 < L/R_{C2} < -0.3$ (17-3)" $20 < nu_{CP}-nu_{CN}$ and the 4th lens groupIt is good to constitute from one positive lens component and to satisfy the following conditions (18) and (19).

[0071]

(18) $-4.00 < (R_{4F}+R_{4R})/(R_{4F}-R_{4R}) < 0.0$ (19) It corrects $0.10 < L/f_4 < 0.70$ As for a curvature radius on an optic axis of a field by the side of an object of a positive lens componentand R_{4R} diagonal length of a valid imaging region of an electronic image sensor and f_4 of a curvature radius on an optic axis of a field by the side of an image of a positive lens component and L are [R_{4F}] the focal distances of the 4th lens group.

[0072]If 0.0 of a maximum of conditions (18) is exceeded a principal point of a constructional system after the 3rd lens group keeps away easily from the image point by the 2nd lens groupand is not preferred in respect of variable power efficiency. If -4.00 of a minimum is exceeded an astigmatic change at the time of a focus will become large easily.

[0073]When 0.70 of upper limit of conditions (19) is exceeded an effect of moving the 3rd lens group and the 4th lens group to a counter direction at the time of variable power stops showing up. If 0.10 of a lower limit is exceeded movement magnitude of the 4th lens group at the time of a focus becomes large too muchand is not preferred.

[0074]It is better to perform as follows both conditions (18) and (19). [both / either or]

[0075]

(18) It is still better for ' $-3.60 < (R_{4F}+R_{4R})/(R_{4F}-R_{4R}) < -0.40$ (19)' $0.15 < L/f_4 < 0.60$ pan to perform as follows both conditions (18) and (19). [both / either or] It is best to perform especially both as follows.

[0076]

(18) To " $-3.20 < (R_{4F}+R_{4R})/(R_{4F}-R_{4R}) < -0.80$ (19)" $0.20 < L/f_4 < 0.50$ pansince the focal distance is long also about the 2nd lens groupSequentially from the object sidecompositiona negative lens and a positive lensof two sheets is enough. It is good to fulfill the following conditions (20) and (21) in relation to the 1st lens group.

[0077]

$$(20) -0.80 < (R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR})$$

$$< 0.90 \quad (21) -0.10 < (R_{2NF} + R_{2NR}) / (R_{2NF} - R_{2NR})$$

< 2.00 however R_{1PF} A curvature radius on an optic axis of a field by the side of an object of a positive lens of the 1st lens group As for R_{1PR} a curvature radius on an optic axis of a field by the side of an object of a negative lens of the 2nd lens group and R_{2NR} of a curvature radius on an optic axis of a field by the side of an image of a positive lens of the 1st lens group and R_{2NF} are the curvature radii on an optic axis of a field by the side of an image of a negative lens of the 2nd lens group.

[0078] If 0.90 of a maximum of conditions (20) is exceeded it will be easy to generate the high order chromatic aberration of magnification and if -0.80 of a minimum is exceeded an entrance pupil will become deep easily.

[0079] If 2.00 of a maximum of conditions (21) is exceeded and a coma aberration will exceed -0.10 of a lower limit it will be easy to generate barrel-distortion music aberration.

[0080] It is better to perform as follows both conditions (20) and (21). [both / either or]

[0081]

$$(20) ' -0.50 < (R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR})$$

$$< 0.70 \quad (21) ' 0.20 < (R_{2NF} + R_{2NR}) / (R_{2NF} - R_{2NR})$$

It is still better for < 1.50 pan to perform as follows both conditions (20) and (21).

[both / either or] It is best to perform especially both as follows.

[0082]

$$(20) -- " -0.20 < (R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR})$$

$$< 0.50 \quad (21) " 0.50 < (R_{2NF} + R_{2NR}) / (R_{2NF} - R_{2NR})$$

It is premised on it being < 1.00 that all the wide angle end field angles are not less than 55 degrees in an electronic imaging device of this invention. These wide angle end all the field angles of not less than 55 degrees are wide angle end field angles for which an electronic imaging device is usually asked.

[0083] It is desirable for the wide angle end all the field angles to be 80 degrees or less. If all the wide angle end field angles exceed 80 degrees it will become difficult for a distortion aberration to happen easily and to constitute the 1st lens group small. Therefore slimming down of an electronic imaging device becomes difficult.

[0084] As mentioned above although a thickness direction was made thin about a zoom lens part a means which makes image formation performance good was provided.

[0085] Next reference is made about an affair which makes filters thin. An infrared-absorption filter which usually has fixed thickness in an electronic imaging device so that infrared light may not enter into an imaging surface is inserted in the object side rather than an image sensor. It considers transposing this to thin coating. Although it is a translation which becomes naturally that much thin there is a secondary effect. Rather than an image sensor in zoom lens system back to the object side if transmissivity (τ_{700}) in 700 nm introduces 8% or less of near-infrared sharp cut coat not less than 80% transmissivity (τ_{600}) in wavelength of 600

nmtransmissivity of a not less than 700-nm near infrared region being low and rather than an absorption type Transmissivity by the side of red becomes high relatively a magenta-ized tendency by the side of purple-blue which is a fault of solid state image pickup devices such as CCD which has a complementary color mosaic filter is eased by gain adjustment and color reproduction of the solid state image pickup device averages such as CCD which has a primary colors filter can be obtained. Color reproduction of what has reflectance strong against a near infrared region like not only the primary color complementary color but vegetation or body warmth is improved.

[0086] Namely (22) $\tau_{600}/\tau_{550} \geq 0.8$ (23) It is desirable to fill $\tau_{700}/\tau_{550} \leq 0.08$. However τ_{550} is the transmissivity in wavelength of 550 nm.

[0087] It is better to perform as follows both conditions (22) and (23). [both / either or]

[0088] (22) It is still better for ' $\tau_{600}/\tau_{550} \geq 0.85$ ' (23) ' $\tau_{700}/\tau_{550} \leq 0.05$ ' to perform as follows both conditions (22) and (23). [both / either or] It is best to perform especially both as follows.

[0089] (22) Another fault of solid state image pickup devices such as " $\tau_{600}/\tau_{550} \geq 0.9$ (23)" $\tau_{700}/\tau_{550} \leq 0.03$ CCD is that sensitivity to wavelength of 550 nm of a near ultraviolet region is quite higher than that of human being's eye. This is also highlighting a color blot of an edge part of a picture by a chromatic aberration of a near ultraviolet region. It is fatal if especially an optical system is miniaturized. Therefore a ratio to it (τ_{550}) in 550 nm of transmissivity (τ_{400}) in wavelength of 400 nm is less than 0.08. If an absorber that a ratio to it (τ_{550}) in 550 nm of transmissivity (τ_{440}) in 440 nm exceeds 0.4 or a reflector is inserted on an optical path a required wavelength band is not lost on color reproduction (have maintained good color reproduction) but noise such as a color blot are reduced considerably.

[0090] Namely (24) $\tau_{400}/\tau_{550} \leq 0.08$ (25) It is desirable to fill $\tau_{440}/\tau_{550} \geq 0.4$.

[0091] It is better to perform as follows both conditions (24) and (25). [both / either or]

[0092] (24) It is still better for ' $\tau_{400}/\tau_{550} \leq 0.06$ ' (25) ' $\tau_{440}/\tau_{550} \geq 0.5$ ' to perform as follows both conditions (24) and (25). [both / either or] It is best to perform especially both as follows.

[0093] (24) As for " $\tau_{400}/\tau_{550} \leq 0.04$ (25)" $\tau_{440}/\tau_{550} \geq 0.6$ in addition a setting position of these filters between an image formation optical system and image sensors is good.

[0094] On the other hand since in the case of a complementary filter substantial sensitivity is high and advantageous also in resolving compared with height of the transmitted light energy to CCD with a primary colors filter a merit when small CCD is used is size.

[0095] In order to make an optical system thin short it is good to make it as thin also about an optical low pass filter which is another filter as possible. Although an optical low pass filter generally uses a birefringent action which an uniaxial crystal like crystal has a range of an angle which a crystal axis makes to an optic axis of a

zoom lens is 35 to 55 degrees And when the direction of [when each crystal axis is projected on the image surface] contains plurality different respectively or an independent crystal optical low pass filter it is good to fulfill the following conditions for thickness t_{LPF} (mm) of a filter with the thickest thickness that met on a zoom lens optic axis in it.

[0096]

(26) $0.08 < t_{LPF}/a < 0.16$ (at the time of $a < 4$ micrometers)

$0.075 < t_{LPF}/a < 0.15$ (at the time of $a < 3$ micrometers)

However as for t_{LPF} (mm) thickness of an optical low pass filter in which an angle with that to make has one crystal axis in the range of 35 to 55 degrees most thickly in accordance with an optic axis of a zoom lens and a are a horizontal picture element pitch (unit μm) of an electronic image sensor.

[0097] In an optical low pass filter which comprised one sheet or two or more sheets the thickness is set up so that theory top contrast may become zero with nyquist threshold frequency and the thickest things are about $a/5.88$ (mm). When it is made thicker than this there is an effect in prevention of an alias like a moire pattern but if it becomes impossible to fully demonstrate resolution which an electronic image sensor has and it is made thin an alias like a moire pattern cannot fully remove. However since an alias like a moire pattern is deeply connected also with image formation performance of taking lenses such as a zoom lens and it is easy to generate an alias like a moire pattern when image formation performance is high when an optical low pass filter is a little thicker and reverse it is good to set up thinness a little.

[0098] On the other hand in order that contrast of a frequency component beyond a nyquist limit may decrease under the influence of diffraction of an imaging lens system as a picture element pitch becomes small generating of an alias like a moire pattern decreases. Therefore contrast in spatial frequency below several percent thru/or frequency which is equivalent to a nyquist limit rather when it is made thin about tens of % improves and it is more desirable than $a/5.88$ (mm).

[0099] It is better to perform it as follows.

[0100]

(26) $0.075 < t_{LPF}/a < 0.15$ (at the time of $a < 4$ micrometers)

$0.07 < t_{LPF}/a < 0.14$ (at the time of $a < 3$ micrometers)

It is best to perform it as follows.

[0101]

(26) $0.07 < t_{LPF}/a < 0.14$ (at the time of $a < 4$ micrometers)

$0.065 < t_{LPF}/a < 0.13$ (at the time of $a < 3$ micrometers)

moreover -- $a < 4$ -- micrometer -- setting -- an optical low pass filter -- thin -- carrying out -- passing -- if -- processing -- being difficult -- a sake -- not much -- thin -- not carrying out -- that is -- conditions -- (26) -- (26) -- ' -- (26) -- " -- a maximum -- exceeding -- even if -- contrast -- zero -- becoming -- spatial frequency (cut off frequency) -- high -- carrying out -- an option -- it is . It is making it an angle which a crystal axis of an optical low pass filter makes to an optic axis of a zoom lens be 55 to [the

range of 15 to 35 degrees or] 75 degrees or omitting an optical low pass filter depending on the case. It becomes less than a time of discrete quantity to an ordinary ray and an extraordinary ray of incident light being about 45 degrees in the range of this angle and when it becomes 0 degree or 90 degrees it stops dissociating (however in the case of 90 degrees speed difference takes lessons from both and phase contrast generates it -- principle of $\lambda/4$ board).

[0102] Since image formation performance of high spatial frequency which balanced it under influence of diffraction will deteriorate if a picture element pitch becomes small like the above-mentioned it is difficult to enlarge the f number. Therefore a kind of aperture diaphragm when a camera is used is good only also as two kinds big opening of degradation by geometric aberration and a diaphragm value near the diffraction limit. In that case it is good even if there is no above-mentioned optical low pass filter.

[0103] Especially a picture element pitch is small and when image formation performance at the time of opening is the best not using a method of an inside diameter being variable or replacing with what differs in an inside diameter as a means to regulate incoming beam size to an imaging surface it is always good [an inside diameter] also as a fixed aperture diaphragm. In that case at least one side has turned a convex toward the aperture diaphragm and if it is made for a lens side which the any adjoin to penetrate an aperture-diaphragm inner diameter part a lens side which adjoins an aperture diaphragm will not have a useless space by diaphragm and will contribute it to overall-length shortening of an optical system. An aperture diaphragm is good for transmissivity to have a means which allots 90% or less of optical element (both an entrance plane and projection surface of a flat surface are good if it can do.) or is replaced with another optical element which differs in transmissivity in which space including an optic axis which separated one or more lens sides.

[0104] Or opening size has two or more fixed openings and one of them most by a thing of the 1st group it is supposed with a lens side by the side of an image and a thing of others [that it can insert most into which / between lens sides by the side of an object / optical path and] of the 3rd group that it is exchangeable. It is good to perform light volume regulation as it is considered as an electronic imaging device which can adjust image surface illumination and transmissivity to 550 nm differs in inside of two or more of the openings and some openings respectively and it has a medium which is less than 80%. Or when adjusting so that it may become the light volume equivalent to an F value which is set to a (micrometer) / f number < 0.4 it is good to consider it as an electronic imaging device which transmissivity to 550 nm differs in an opening respectively and has less than 80% of medium. For example from an opening value out of the range of the above-mentioned conditions he has no medium or transmissivity to 550 nm considers it as not less than 91% of straw-man medium and it is [like / a diameter of an aperture diaphragm is not made small so that influence of diffraction comes out and / an ND filter] good at the time of within the limits to carry out light volume regulation.

[0105] What makes two or more above-mentioned openings what made a path

small in inverse proportion to an F value respectively arranges them and puts in in an opening an optical low pass filter in which frequency characteristics differ respectively instead of an ND filter may be sufficient. Since diffraction degradation becomes large as it narrows down it is so good to set up the frequency characteristic of a light filter highly that an opening diameter becomes small.

[0106] In relation between an open F value of a wide angle end and the picture element pitch Δm to be used when filling $F > \Delta m$ the optical low pass filter may not be. That is all media on a zoom lens system and an optical path between electronic image sensors may be used only as air or an amorphous medium. It is because there is almost no frequency component which may generate cline distortion for diffraction and degradation of an imaging characteristic by geometric aberration.

[0107] The above-mentioned monograph affair type a zoom lens of this invention which carries out a postscript and the composition of an electronic imaging device using it can constitute a better zoom lens or an electronic imaging device from combining suitably.

[0108] In the above-mentioned monograph affair type only the upper limit may limit only a lower limit from an upper and lower limit value of a more desirable conditional expression. A value corresponding to a conditional expression of this of each after-mentioned example can also be changed to a maximum or a minimum of a monograph affair type.

[0109]

[Embodiment of the Invention] Hereafter Examples 1–5 of the zoom lens of this invention are described. The wide angle end at the time of the infinite distance object point focus of Examples 1–5 (a) an intermediate state (b) and the lens sectional view in a tele edge (c) are shown in drawing 1 – drawing 5 respectively. As for the cover glass of CCD as for G3 and whose 4th lens group of G2 and a diaphragm the 1st lens group is [G1 and 2nd lens group / G4 and an optical low pass filter] LF and an electronic image sensor as for S and the 3rd lens group I has shown the image surface of CG and CCD among each figure. P has shown the parallel plate which developed the optical-path bending prism in the inside G1 of the 1st lens group. A postscript is carried out about the maximum thickness of optical low pass filter LF. About a near-infrared sharp cut coat what ***** may also arrange the infrared cut absorption filter to optical low pass filter LF independently well or carried out the near-infrared sharp cut coat of the directly coating for example to it at the entrance plane of the transparent plate may be used.

[0110] As an example of representation in the optical-path figure at the time of bending at the time of the wide angle end infinite distance object point focus of the zoom lens of Example 1 the optical-path bending prism P is constituted as a reflecting prism which bends 90 degrees of optical paths as shown in drawing 6.

[0111] As shown in drawing 1 the zoom lens of Example 1 to the object side The negative meniscus lens of a convex The 1st lens group G1 and bi-concave negative lens which consist of the optical-path bending prism P and a biconvex plus lens The 2nd lens group G2 aperture-diaphragm S which are from the positive

meniscus lens of a convex on an object side When consisting of 3rd lens group G3 which consists of a cemented lens of a biconvex plus lens and a bi-concave negative lens and the 4th lens group G4 that is from one positive meniscus lens of a convex on an object side and carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end it is the 1st lens group G1 and aperture-diaphragm S is immobilization It moves to the image surface side 3rd lens group G3 moves to the object side and the 2nd lens group G2 moves the 4th lens group G4 to the image surface side. In order to carry out focusing to the photographic subject of a short distance it lets out the 4th lens group G4 to the object side.

[0112] an aspheric surface -- both sides of the bi-concave negative lens of the 2nd lens group G2 and 3rd lens group G3 -- it is most used for the 5th page of the field by the side of the image surface and the fields by the side of the object of the 4th lens group G4 with the field by the side of an object.

[0113] As shown in drawing 2 the zoom lens of Example 2 to the object side The negative meniscus lens of a convex The 1st lens group G1 and bi-concave negative lens which consist of the optical-path bending prism P and a biconvex plus lens The 2nd lens group G2 aperture-diaphragm S and the biconvex plus lens which consist of biconvex plus lenses It consists of 3rd lens group G3 which consists of a biconvex plus lens and a cemented lens of a bi-concave negative lens and the 4th lens group G4 that is from one positive meniscus lens of a convex on an object side When carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end it is the 1st lens group G1 and aperture-diaphragm S is immobilization it moves to the image surface side 3rd lens group G3 moves to the object side and the 2nd lens group G2 moves the 4th lens group G4 to the image surface side. In order to carry out focusing to the photographic subject of a short distance it lets out the 4th lens group G4 to the object side.

[0114] The aspheric surface is used for the 4th page of the field by the side of the image surface of the bi-concave negative lens of the 2nd lens group G2 both sides of the biconvex plus lens by the side of the object of 3rd lens group G3 and the fields by the side of the object of the 4th lens group G4.

[0115] As shown in drawing 3 the zoom lens of Example 3 to the object side The negative meniscus lens of a convex The 1st lens group G1 and bi-concave negative lens which consist of the optical-path bending prism P and a biconvex plus lens The 2nd lens group G2 aperture-diaphragm S and the biconvex plus lens which are from the positive meniscus lens of a convex on an object side It consists of 3rd lens group G3 which consists of a biconvex plus lens and a cemented lens of a bi-concave negative lens and the 4th lens group G4 that is from one positive meniscus lens of a convex on an object side When carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end it is the 1st lens group G1 and aperture-diaphragm S is immobilization it moves to the image surface side 3rd lens group G3 moves to the object side and the 2nd lens group G2 moves the 4th lens group G4 to the image surface side. In order to carry out focusing to the photographic subject of a short distance it lets out the 4th lens group G4 to the object side.

[0116] The aspheric surface is used for the 4th page of the field by the side of the

image surface of the bi-concave negative lens of the 2nd lens group G2 both sides of the biconvex plus lens by the side of the object of 3rd lens group G3 and the fields by the side of the object of the 4th lens group G4.

[0117] As shown in drawing 4 the zoom lens of Example 4 to the object side. The negative meniscus lens of a convex. The 1st lens group G1 and bi-concave negative lens which consist of the optical-path bending prism P and a biconvex plus lens. The 2nd lens group G2 that consists of biconvex plus lenses, aperture-diaphragm S, a biconvex plus lens, and the cemented lens of a bi-concave negative lens. When consisting of 3rd lens group G3 which is from the meniscus lens of a convex on an object side and the 4th lens group G4 that is from one positive meniscus lens of a convex on an object side and carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end. The 1st lens group G1 and aperture-diaphragm S are immobilized; it moves to the image surface side and 3rd lens group G3 moves to the object side, the 4th lens group G4 once moves to the object side a little and the 2nd lens group G2 moves it to the image surface side after that. In order to carry out focusing to the photographic subject of a short distance it lets out the 4th lens group G4 to the object side.

[0118] The aspheric surface is used for the 5th page of both sides of the bi-concave negative lens of the 2nd lens group G2, the field by the side of the object of the cemented lens of 3rd lens group G3 and both sides of a meniscus lens.

[0119] As shown in drawing 5 the zoom lens of Example 5 to the object side. The negative meniscus lens of a convex. The 1st lens group G1 that consists of the optical-path bending prism P and a biconvex plus lens, the 2nd lens group G2 that is from the cemented lens of the negative meniscus lens of a convex on a bi-concave negative lens and object side, aperture-diaphragm S and a biconvex plus lens. It consists of 3rd lens group G3 which is from the cemented lens of the negative meniscus lens of a convex on an object side at the positive meniscus lens [of a convex] and object side and the 4th lens group G4 that is from one positive meniscus lens of a convex on an object side. When carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end it is the 1st lens group G1 and aperture-diaphragm S is immobilized; it moves to the image surface side, 3rd lens group G3 moves to the object side and the 2nd lens group G2 moves the 4th lens group G4 to the image surface side. In order to carry out focusing to the photographic subject of a short distance it lets out the 4th lens group G4 to the object side.

[0120] The aspheric surface is used for the 4th page of the field by the side of the image surface of the negative meniscus lens of the 1st lens group G1, both sides of the biconvex plus lens by the side of the object of 3rd lens group G3 and the fields by the side of the object of the 4th lens group G4.

[0121] Although the digital data of each above-mentioned example is shown below. As for f_a a half-field angle and F_{NO} a whole system focal distance and ω outside the above [a sign]. The f number. As for a wide angle end and S, T a tele edge, r_1 and r_2 -- for WE an intermediate state and TE. The curvature radius of each lens side. As for d_1 and d_2 -- the refractive index of d line of each lens nu_{d1} and nu_{d2} --

of the interval between each lens side n_{d1} and n_{d2} -- are the Abbe numbers of each lens. Aspherical surface shape uses x as the optic axis which made the direction of movement of light positive and when y is taken in the direction which intersects perpendicularly with an optic axis it is expressed with the following formula.

[0122] $1 + [1 - (K+1) (y/r)^2]^{1/x = (y^2/r)/[2]} + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$ -- however A_4, A_6, A_8 and A_{10} of r are the 4th aspheric surface coefficients [6th / 8th / 10th] respectively.

[0123]

Example 1 $r_1 = 31.0100$. $d_1 = 1.0000$ $n_{d1} = 1.80100$ $nu_{d1} = 34.97$ $r_2 = 9.9641$ $d_2 = 2.9000$ $r_3 =$ infinity $d_3 = 12.0000$. $n_{d2} = 1.80610$ $nu_{d2} = 40.92$ $r_4 =$ infinity $d_4 = 0.3000$ $r_5 = 23.6950$ $d_5 = 3.5400$ $n_{d3} = 1.74100$. $nu_{d3} = 52.64$ $r_6 = -23.6475$ $d_6 =$ (variable). $r_7 = -377.9014$ (aspheric surface). $d_7 = 0.8000$ $n_{d4} = 1.80610$ $nu_{d4} = 40.92$ $r_8 = 6.4536$ (aspheric surface) $d_8 = 0.7000$ $r_9 = 6.8913$ $d_9 = 2.2000$ $n_{d5} = 1.75520$ $nu_{d5} = 27.51$ $r_{10} = 16.1043$ $d_{10} =$ (variable) $r_{11} =$ infinity (diaphragm) $d_{11} =$ (variable) $r_{12} = 7.5543$ (aspheric surface) $d_{12} = 6.1695$ $n_{d6} = 1.74320$. $nu_{d6} = 49.34$ $r_{13} = -13.0000$ $d_{13} = 1.0000$ $n_{d7} = 1.84666$ $nu_{d7} = 23.78$ $r_{14} = 13.1848$ (aspheric surface) $d_{14} =$ (variable) $r_{15} = 12.3030$ (aspheric surface). $d_{15} = 1.8000$ $n_{d8} = 1.74320$ $nu_{d8} = 49.34$ $r_{16} = 1061.3553$ $d_{16} =$ (variable) $r_{17} =$ infinity $d_{17} = 1.9000$. $n_{d9} = 1.54771$ $nu_{d9} = 62.84$ $r_{18} =$ infinity $d_{18} = 0.8000$ $r_{19} =$ infinity $d_{19} = 0.7500$ $n_{d10} = 1.51633$. $nu_{d10} = 64.14$ $r_{20} =$ infinity $d_{20} = 1.3565$ $r_{21} =$ infinity (image surface) -- the 7th -- page $K = 0$ $A_4 = 5.2999 \times 10^{-4}$ $A_6 = -2.1607 \times 10^{-5}$ Aspheric surface coefficient $A_8 = 1.8300 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$ The 8th page $K = 0$ $A_4 = 5.8050 \times 10^{-4}$ $A_6 = -1.0603 \times 10^{-5}$ $A_8 = -7.5526 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$. The 12th page $K = 0$ $A_4 = 5.1734 \times 10^{-5}$ $A_6 = 1.0455 \times 10^{-6}$ $A_8 = -3.4185 \times 10^{-8}$ $A_{10} = 0.0000$. The 14th page $K = 0$ $A_4 = 8.4429 \times 10^{-4}$ $A_6 = 2.1473 \times 10^{-5}$ $A_8 = 7.3738 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$. The 15th page $K = 0$ $A_4 = -6.2738 \times 10^{-5}$ $A_6 = 7.6642 \times 10^{-6}$ $A_8 = -2.0106 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$ Zoom data (infinity)

WE ST TEf (mm) 6.01125. 10.40282 17.99133 F_{No} 2.5820 3.5145 4.7679 omega (degree) 32.7 19.6 11.4 d_6 0.78801 4.80346 8.70695 d_{10} 9.39271. 5.38074 1.47422 d_{11} 11.13320 5.78312 1.48451 d_{14} 2.19671 8.56256 14.78227 d_{16} 4.12457 3.11055 1.18821.

[0124]

Example 2 $r_1 = 31.1674$. $d_1 = 1.0000$ $n_{d1} = 1.80518$ $nu_{d1} = 25.42$ $r_2 = 10.0082$ $d_2 = 2.8000$ $r_3 =$ infinity $d_3 = 12.0000$. $n_{d2} = 1.80610$ $nu_{d2} = 40.92$ $r_4 =$ infinity $d_4 = 0.3000$ $r_5 = 38.3752$ $d_5 = 3.3000$ $n_{d3} = 1.77250$. $nu_{d3} = 49.60$ $r_6 = -19.0539$ $d_6 =$ (variable). $r_7 = -27.7782$ $d_7 = 1.0000$ $n_{d4} = 1.80610$. $nu_{d4} = 40.92$ $r_8 = 5.9968$ (aspheric surface) $d_8 = 0.7000$ $r_9 = 8.0742$. $d_9 = 2.3000$ $n_{d5} = 1.75520$ $nu_{d5} = 27.51$ $r_{10} = -358.1053$ $d_{10} =$ (variable) $r_{11} =$ infinity (diaphragm) $d_{11} =$ (variable) $r_{12} = 8.4. 600$ (aspheric surface) $d_{12} = 2.5000$. $n_{d6} = 1.74320$ $nu_{d6} = 49.34$ $r_{13} = -116.7590$ (aspheric surface) $d_{13} = 0.1500$ $r_{14} = 8.8060$ $d_{14} = 3.0000$. $n_{d7} = 1.60311$ $nu_{d7} = 60.64$ $r_{15} = -40.0000$ $d_{15} = 0.7000$ $n_{d8} = 1.84666$ $nu_{d8} = 23.78$ $r_{16} = 4.6054$ $d_{16} =$ (variable). $r_{17} = 6.7337$ (aspheric surface). $d_{17} = 1.9700$ $n_{d9} = 1.69350$ $nu_{d9} = 53.21$ $r_{18} = 14.1820$ $d_{18} = r$ (variable) $r_{19} =$ infinity $d_{19} = 1.9000$. $n_{d10} = 1.54771$ $nu_{d10} = 62.84$ $r_{20} =$ infinity $d_{20} = 0.8000$ $r_{21} =$ infinity $d_{21} = 0.7500$ $n_{d11} = 1.51633$. $nu_{d11} = 64.14$ $r_{22} =$ infinity $d_{22} = 1.3596$. $r_{23} =$ infinity (image surface) Aspheric surface coefficient . The 8th page $K = 0$ $A_4 = -2.7926 \times 10^{-4}$ $A_6 = -5.5281 \times 10^{-6}$ $A_8 = -3.0031 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$. The 12th page $K = 0$ $A_4 = -1.0549 \times 10^{-4}$ $A_6 = -1.1474 \times 10^{-6}$ $A_8 = -5.2653 \times 10^{-8}$ $A_{10} = 0.0000$. The

13th page $K = 0$ $A_4 = -4.5663 \times 10^{-5}$ $A_6 = 6.3255 \times 10^{-6}$ $A_8 = -3.7416 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$.
 The 17th page $K = 0$ $A_4 = -3.4690 \times 10^{-4}$ $A_6 = 2.1996 \times 10^{-6}$ $A_8 = -1.8422 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$ Zoom data (infinity)

WE ST TEf (mm) 6.00633. 10.39946 17.99885 F_{NO} 2.8069 3.3441 4.0747 omega
 (degree) 32.4 18.9 10.9 d_6 0.79862 7.41546 13.08585 d_{10} 13.68612. 7.06296 1.39894
 d_{11} 7.73864 4.51502 1.19986 d_{16} 1.69904 5.23999 10.27759 d_{18} 3.54003 3.22246
 1.50021.

[0125]

Example 3 $r_1 = 31.4475$. $d_1 = 1.0000$ $n_{d1} = 1.80518$ $nu_{d1} = 25.42$ $r_2 = 10.0029$ $d_2 = 2.8000$ $r_3 =$
 infinity $d_3 = 12.0000$. $n_{d2} = 1.80610$ $nu_{d2} = 40.92$ $r_4 =$ infinity $d_4 = 0.3000$ $r_5 = 40.9109$ $d_5 =$
 3.1000 $n_{d3} = 1.77250$. $nu_{d3} = 49.60$ $r_6 = -18.5523$ $d_6 =$ (variable). $r_7 = -27.7365$ $d_7 = 0.9000$
 $n_{d4} = 1.80610$. $nu_{d4} = 40.92$ $r_8 = 6.1675$ (aspheric surface) $d_8 = 0.6000$ $r_9 = 7.8689$. $d_9 =$
 2.5000 $n_{d5} = 1.75520$ $nu_{d5} = 27.51$ $r_{10} = 541.9130$ $d_{10} =$ (variable) $r_{11} =$ infinity (diaphragm)
 $d_{11} =$ (variable) $r_{12} = 6.830$. 3 (aspheric surface) $d_{12} = 2.2000$. $n_{d6} = 1.74320$ $nu_{d6} = 49.34$
 $r_{13} = -168.3254$ (aspheric surface) $d_{13} = 0.1500$ $r_{14} = 10.3767$ $d_{14} = 2.5000$. $n_{d7} = 1.60311$
 $nu_{d7} = 60.64$ $r_{15} = -100.0000$ $d_{15} = 0.7000$ $n_{d8} = 1.84666$ $nu_{d8} = 23.78$ $r_{16} = 4.2552$ $d_{16} =$
 (variable). $r_{17} = 6.4363$ (aspheric surface). $d_{17} = 2.0000$ $n_{d9} = 1.58313$ $nu_{d9} = 59.38$ $r_{18} =$
 16.8235 $d_{18} =$ (variable) $r_{19} =$ infinity $d_{19} = 1.5000$. $n_{d10} = 1.54771$ $nu_{d10} = 62.84$ $r_{20} =$ infinity
 $d_{20} = 0.8000$ $r_{21} =$ infinity $d_{21} = 0.7500$ $n_{d11} = 1.51633$ $nu_{d11} = 64.14$ $r_{22} =$ infinity $d_{22} = 1.3596$.
 $r_{23} =$ infinity (image surface) Aspheric surface coefficient . The 8th page $K = 0$ $A_4 = -$
 2.1223×10^{-4} $A_6 = -3.9476 \times 10^{-6}$ $A_8 = -2.3492 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$. The 12th page $K = 0$
 $A_4 = -9.9966 \times 10^{-5}$ $A_6 = -4.8770 \times 10^{-6}$ $A_8 = 7.8835 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$. The 13th page K
 $= 0$ $A_4 = 1.6853 \times 10^{-4}$ $A_6 = 4.2908 \times 10^{-6}$ $A_8 = 8.3613 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$. the 17th page
 $K = 0$ $A_4 = -3.5205 \times 10^{-4}$ $A_6 = -1.4117 \times 10^{-6}$ $A_8 = -1.1635 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$ zoom data
 (infinity)

WE ST TEf (mm) 6.00728. 10.39935 17.99830 F_{NO} 2.7463 3.3017 4.0273 omega
 (degree) 32.4 18.9 11.0 d_6 0.79769 7.29414 13.01239 d_{10} 13.61214. 7.11013 1.39751
 d_{11} 7.70485 4.37777 1.19903 d_{16} 1.69969 5.42936 10.44566 d_{18} 3.74084 3.33843
 1.50064.

[0126]

Example 4 $r_1 = 32.0016$. $d_1 = 1.0000$ $n_{d1} = 1.75520$ $nu_{d1} = 27.51$ $r_2 = 10.0102$ $d_2 = 2.8000$ $r_3 =$
 infinity $d_3 = 12.0000$. $n_{d2} = 1.80610$ $nu_{d2} = 40.92$ $r_4 =$ infinity $d_4 = 0.3000$ $r_5 = 23.5519$ $d_5 =$
 3.1000 $n_{d3} = 1.72916$. $nu_{d3} = 54.68$ $r_6 = -24.7555$ $d_6 =$ (variable). $r_7 = -21.9861$ (aspheric
 surface). $d_7 = 0.9000$ $n_{d4} = 1.80610$ $nu_{d4} = 40.92$ $r_8 = 5.7215$ (aspheric surface) $d_8 =$
 0.6000 $r_9 = 7.9386$ $d_9 = 2.5000$ $n_{d5} = 1.78470$ $nu_{d5} = 26.29$ $r_{10} = -388.5176$ $d_{10} =$ (variable)
 $r_{11} =$ infinity (diaphragm) $d_{11} =$ (variable) $r_{12} = 5.6674$ (aspheric surface) $d_{12} = 4.0000$
 $n_{d6} = 1.74320$. $nu_{d6} = 49.34$ $r_{13} = -19.0000$ $d_{13} = 0.7000$. $n_{d7} = 1.84666$ $nu_{d7} = 23.78$ $r_{14} =$
 7.7986 $d_{14} = 0.3000$ $r_{15} = 3.8662$ (aspheric surface) $d_{15} = 1.0000$ $n_{d8} = 1.69350$.
 $nu_{d8} = 53.21$ $r_{16} = 3.6817$ (aspheric surface) $d_{16} =$ (Variable) $r_{17} = 13.0325$. $d_{17} = 2.0000$
 $n_{d9} = 1.48749$ $nu_{d9} = 70.23$ $r_{18} = 201.0398$ $d_{18} =$ (variable) $r_{19} =$ infinity $d_{19} = 1.5000$.
 $n_{d10} = 1.54771$ $nu_{d10} = 62.84$ $r_{20} =$ infinity $d_{20} = 0.8000$ $r_{21} =$ infinity $d_{21} = 0.7500$
 $n_{d11} = 1.51633$ $nu_{d11} = 64.14$ $r_{22} =$ infinity $d_{22} = 1.3599$. $r_{23} =$ infinity (image surface)
 Aspheric surface coefficient . The 7th page $K = 0$ $A_4 = 2.0496 \times 10^{-4}$ $A_6 = -3.4919 \times$
 10^{-6} $A_8 = 7.4208 \times 10^{-9}$ $A_{10} = 0.0000$. The 8th page $K = 0$ $A_4 = -3.6883 \times 10^{-4}$ $A_6 =$

$3.4613 \times 10^{-6} A_8 = -9.0209 \times 10^{-7} A_{10} = 0.0000$. The 12th page $K = 0$ $A_4 = 5.4882 \times 10^{-4} A_6 = -1.8282 \times 10^{-5} A_8 = 1.6707 \times 10^{-6} A_{10} = 0.0000$ -- the 15th page $K = 0$ $A_4 = -8.1049 \times 10^{-3} A_6 = -4.3019 \times 10^{-4} A_8 = -3.1973 \times 10^{-5} A_{10} = 0.0000$ The 16th page $K = 0$ $A_4 = -6.4092 \times 10^{-3} A_6 = -7.3362 \times 10^{-4} A_8 = 2.9898 \times 10^{-5} A_{10} = 0.0000$ Zoom data (infinity)
 WE ST TEf (mm) 6.00844. 10.40337 17.99810 F_{NO} 2.7659 2.9849 4.0444 omega
 (degree) 32.6 19.2 11.3 d_6 0.80018 8.47206 12.07930 d_{10} 12.67757. 5.00686 1.39837
 d_{11} 6.26991 5.19965 1.19782 d_{16} 1.70036 2.60388 9.42234 d_{18} 4.14771 4.30945 1.49796.
 [0127]

Example 5 $r_1 = 37.5126$. $d_1 = 1.0000$ $n_{d1} = 1.78470$ $nu_{d1} = 26.29$ $r_2 = 9.9406$ (aspheric surface) $d_2 = 2.8000$ $r_3 = \text{infinity}$ $d_3 = 12.0000$. $n_{d2} = 1.80610$ $nu_{d2} = 40.92$ $r_4 = \text{infinity}$ $d_4 = 0.3000$ $r_5 = 33.8530$ $d_5 = 3.1000$ $n_{d3} = 1.77250$. $nu_{d3} = 49.60$ $r_6 = -21.7247$ $d_6 = (\text{variable})$. $r_7 = -22.9665$ $d_7 = 0.9000$ $n_{d4} = 1.77250$. $nu_{d4} = 49.60$ $r_8 = 7.9115$ $d_8 = 2.5000$. $n_{d5} = 1.71736$ $nu_{d5} = 29.52$ $r_9 = 55.6404$ $d_9 = (\text{variable})$ $r_{10} = \text{infinity}$ (diaphragm) $d_{10} = (\text{variable})$ $r_{11} = 8.1626$ (aspheric surface). $d_{11} = 2.2000$ $n_{d6} = 1.74320$ $nu_{d6} = 49.34$. $r_{12} = -278.0091$ (aspheric surface). $d_{12} = 0.1500$ $r_{13} = 7.0366$ $d_{13} = 2.5000$. $n_{d7} = 1.60311$ $nu_{d7} = 60.64$ $r_{14} = 50.0000$ $d_{14} = 0.7000$ $n_{d8} = 1.84666$ $nu_{d8} = 23.78$ $r_{15} = 4.2115$ $d_{15} = (\text{variable})$. $r_{16} = 6.7994$ (aspheric surface). $d_{16} = 2.0000$ $n_{d9} = 1.58313$ $nu_{d9} = 59.38$ $r_{17} = 13.6965$ $d_{17} = (\text{variable})$ $r_{18} = \text{infinity}$ $d_{18} = 1.5000$. $n_{d10} = 1.54771$ $nu_{d10} = 62.84$ $r_{19} = \text{infinity}$ $d_{19} = 0.8000$ $r_{20} = \text{infinity}$ $d_{20} = 0.7500$ $n_{d11} = 1.51633$. $nu_{d11} = 64.14$ $r_{21} = \text{infinity}$ $d_{21} = 1.3586$ $r_{22} = \text{infinity}$ (image surface). aspheric surface coefficient The 2nd page $K = 0$ $A_4 = -4.8339 \times 10^{-5} A_6 = 1.9771 \times 10^{-7} A_8 = -1.3364 \times 10^{-8} A_{10} = 0.0000$ -- the 11th page $K = 0$ $A_4 = -2.9041 \times 10^{-4} A_6 = 2.3089 \times 10^{-5} A_8 = -1.0828 \times 10^{-6} A_{10} = 0.0000$. The 12th page $K = 0$ $A_4 = -1.9946 \times 10^{-4} A_6 = 3.1348 \times 10^{-5} A_8 = -1.4447 \times 10^{-6} A_{10} = 0.0000$. The 16th page $K = 0$ $A_4 = -2.4256 \times 10^{-4} A_6 = -6.3914 \times 10^{-6} A_8 = 1.6763 \times 10^{-7} A_{10} = 0.0000$ Zoom data (infinity)

WE ST TEf (mm) 6.02709. 10.40552 17.99646 F_{NO} 2.6193 3.3129 4.0433 omega
 (degree) 32.3 18.9 11.0 d_6 0.80042 6.82411 13.07966 d_9 13.67313. 7.63416 1.39413
 d_{10} 7.94928 4.18630 1.19879 d_{15} 1.69392 6.18157 10.44930 d_{17} 3.50041 2.76626
 1.49565.

[0128] The aberration figure at the time of the infinite distance object point focus of the above Examples 1–5 is shown in drawing 7 – drawing 11 respectively. In these aberration figures spherical aberration SA [in / (b) can set (a) to a wide angle end can be set to an intermediate state and / in (c) / a tele edge] astigmatic AS and distortion aberration DT and chromatic aberration of magnification CC are shown.

[0129] Next the value of a about the value of condition (1) – (25) in each above-mentioned example and conditions (26) t_{LPF} and L is shown. Condition (15) – (17) means – (15–3) – (16–1) (16–3) – (17–1) (17–3) respectively (15–1).

[0130]

Example 1 example 2 example 3 Example 4. Example 5 (1) 1.80053 1.79882. 1.78926 1.89185 1.68172. (2) 1.58638 1.62590. 1.62599 1.63599 1.68575. (3) 1.34851 1.33482. 1.33482 1.33482 1.33482. (4) 1.80610 1.80610. 1.80610 1.80610 1.80610. (5) 0.91863 0.80674. 0.81555 0.65256 0.69581 (6). 0.27229 0.29553 0.29058. 0.35869 0.29828 (7). 0.94273 0.31220 0.32096. 0.63812 0.74098 (8).

2.31092 2.42296 2.43781. 2.46849 2.78836 (9). 1.62212 1.68225 1.69788 1.44993
 1.75852 (10) 1.15319 1.17060 1.15739 1.13543 1.11669 (11) 1.96930 1.50318
 1.52111 1.28830. 1.42870 (12) 1.21850. 0.53216 0.53263 0.44969. 0.54976 (13)
 0.30433. 0.31196 0.34434 0.52241. 0.29698 (14) 0.36543. 0.28287 0.28291 0.28300.
 0.28105 (15) 1.74534. 0.52298 0.41007 1.37605. 0.59851 (16) -0.56154. -0.18250 -
 0.07300 -0.38421. 0.14600 (17) 25.56 36.86. 36.86 25.56 36.86 (18). -1.02346 -
 2.80812 -2.23928. -1.13863 -2.97167 (19). 0.43618 0.43762 0.43731. 0.25625
 0.34893 (20). 0.00100 0.33644 0.37601. -0.02491 0.21822 (21) 0.96642 0.64490
 0.63618 0.58701 0.48756 (22) 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 (23) 0.04 0.04 0. 04 0.04 0.04 (24)
 0.0. 0.0 0.0 0.0 0.0 (25). 1.06 1.06 1.06 1.06 1.06a3.5 3.9 3.7 2.9 2.5 t_{LPF} 0.55 0.58
 0.52 0.38 0.30L7.30 7.30 7.30 7.30 7.30.

[0131]The optical low pass filter in the digital data of Examples 1-5 is two or more sheet compositionsince the thickness of an infrared cut filter etc. is also included furtherthe maximum thickness is not a value of t_{LPF} and the value of t_{LPF} in the above-mentioned table is used. Any of the following a and the combination 1-10 of t_{LPF} may be used.

[0132]

1 2 3 4 Five a3.5 3.9 3.7. 2.9 2.5 t_{LPF} 0.55 0.58 0.52 0.38 0.30 6 7 8 9 Ten a2.8 2.7
 2.6 3.3 3.1 t_{LPF} 0.25 0.25 0.26 0.24 0.25.

[0133]Herethe diagonal length L and the pixel interval a of the effective imaging surface of the electronic image sensor are explained. Drawing 12 is a figure showing one example of the pixel arrangement of an electronic image sensorand the pixel (drawing 15) of four colors of the pixel of R (red)G (green)and B (blue) or cyanogenmagentayellowand green (green) is allotted to mosaic shape at intervals of [a] the pixel. An effective imaging surface means the field within the photoelectric conversion face on the image sensor used for reproduction (the display on a personal computerprinting with a printeretc.) of the photoed image. The effective imaging surface shown in a figure is set as the field narrower than all the photoelectric conversion faces of an image sensor to compensate for the performance (image circle which the performance of an optical system can secure) of an optical system. The diagonal length L of an effective imaging surface is the diagonal length of this effective imaging surface. Although it is good as change being possible in various imaging ranges used for reproduction of an imagewhen using the zoom lens of this invention for the imaging device which has such a functionthe diagonal length L of the effective imaging surface changes. In such a casediagonal length L of the effective imaging surface in this invention is taken as the maximum in the range which L can take.

[0134]In each above exampleit has optical low pass filter LF which gave the near-infrared cut-off filter or the near-infrared cut coated surface to the entrance plane side in the image side of the last lens group. In this near-infrared cut-off filter and a near-infrared cut coated surfacethe transmissivity in the wavelength of 600 nm is constituted so that the transmissivity in the wavelength of 700 nm may be 10% or less not less than 80%. It is a multilayer film which consists of the following lamination of 27 layers concretefor example. Howeverdesign wave length

is 780 nm.

[0135]

Basis Board Construction material Physical thickness (nm) $\lambda/4$. -----
----- . The 1st layer aluminum₂O₃58.96. 0.50 The 2nd layer
TiO₂84.19. 1.00 The 3rd layer SiO₂134.14. 1.00 The 4th layer TiO₂84.19. 1.00 The
5th layer SiO₂134.14. The 1.00 6th layer TiO₂84.19. 1.00 The 7th layer SiO₂134.14.
1.00 The 8th layer TiO₂84.19. 1.00 The 9th layer SiO₂134.14. 1.00 The 10th layer
TiO₂84.19. 1.00 The 11th layer SiO₂134.14. 1.00 The 12th layer TiO₂84.19. 1.00 The
13th layer SiO₂134.14. 1.00 The 14th layer TiO₂84.19. 1.00 15th layer SiO₂178.41 1.33
The 16th layer TiO₂101.03 1.21 The 17th layer SiO₂167.67 1.25 The 18th layer TiO₂296.82 1.15 The 19th layer 147.55 1.05 The
20th layer TiO₂84.19 1.00 The 21st layer SiO₂160.97 1.20 The 22nd layer TiO₂84.19
1.00 The 23rd layer SiO₂154.26. 1.15 24th layer TiO₂95.13 1.13 The 25th layer
SiO₂160.97 1.20 The 26th layer TiO₂99.34 1.18 The 27th layer SiO₂87.19 0.65. ----
----- sky Mind .

[0136]The transmissivity characteristic of the above-mentioned near-infrared sharp cut coat is as being shown in drawing 13.

[0137]The color reproduction nature of the electronic image is further improved to the projection surface side of low pass filter LF by providing the color filter which low-** the penetration of the color of a short wavelength region as shown in drawing 14 or coating.

[0138]The ratio [as opposed to the transmissivity of the wavelength with the highest transmissivity on the wavelength of 400 nm – 700 nm by this filter or coating] of transmissivity with a wavelength of 420 nm is specifically not less than 15%It is preferred that the ratio of transmissivity with a wavelength of 400 nm to that of the highest wavelength is 6% or less.

[0139]Therebythe gap with the recognition over the color of human being's eyes and the color of the picture picturized and reproduced can be reduced. In other wordswith human being's visiondegradation of the picture by the color by the side of the short wavelength which is hard to be recognized being easily recognized by human being's eyes can be prevented.

[0140]The wavelength which the single wavelength castle which is hard to be recognized by human being's eyes can recognize if the ratio of transmissivity with an above-mentioned wavelength of 400 nm exceeds 6% will be reproducedconverselyif the ratio of transmissivity with an above-mentioned wavelength of 420 nm is smaller than 15%reproduction of the wavelength castle which human being can recognize will become lowand the balance of a color will worsen.

[0141]In the imaging system which used the complementary color mosaic filtera means to restrict such wavelength takes effect more.

[0142]In each above-mentioned examples shown in drawing 14transmissivity [in / for the transmissivity in the wavelength of 400 nm / 0% and 420 nm] is considered as coating which becomes peak 100% of transmissivity at 440 nm 90%.

[0143]By crossing of an operation with the above mentioned near-infrared sharp cut coattransmissivity [in / for transmissivity / in / for transmissivity / in / for

the transmissivity at 400 nm / 0% and 420 nm / 80% and 600 nm / 82% and 700 nm] is made into 2% with a peak of 99% of transmissivity with a wavelength of 450 nm. Thereby more faithful color reproduction is performed.

[0144]Low pass filter LF's having the level azimuth angles at the time of projection on the image surface (= 0 degree) and three kinds of filters which have a crystal axis in the direction of ± 45 degrees respectively are used for an optical axis direction in piles. About each moire control is performed by shifting only $\text{SQRT}(1/2) \times a$ in μm and the direction of ± 45 degree horizontally respectively. Here SQRT is a square route as mentioned above and means a square root.

[0145]On the imaging surface I of CCD cyanogen magenta yellow and the complementary color mosaic filter that provided the color filter of four colors of green (green) in mosaic shape corresponding to the image pick-up pixel are formed as shown in drawing 15. these four kinds of color filters -- each -- abbreviated -- it is arranged at mosaic shape so that it may become the same number and so that it may not correspond to the kind with same adjacent pixel of color filter. Thereby more faithful color reproduction becomes possible.

[0146]A complementary color mosaic filter specifically comprises at least four kinds of color filters as shown in drawing 15 and as for the characteristic of four kinds of the color filter it is preferred that it is as follows.

[0147]Colored filter G of green has a peak of spectral intensity in wavelength G_p . It has a peak of spectral intensity in wavelength Y_p and color filter C of cyanogen has a peak of spectral intensity in wavelength C_p . color filter M of magenta has a peak in wavelength M_{p1} and M_{p2} and color filter Y_e of yellow satisfies the following conditions.

[0148] $510 \text{ nm} < G_p < 540 \text{ nm}$ $5 \text{ nm} < Y_p - G_p < 35 \text{ nm}$ $100 \text{ nm} < C_p - G_p < 5 \text{ nm}$ $430 \text{ nm} < M_{p1} < 480 \text{ nm}$ $580 \text{ nm} < M_{p2} < 640 \text{ nm}$ -- further -- green and yellow. The color filter of cyanogen has not less than 80% of intensity on the wavelength of 530 nm to the peak of each spectral intensity and the color filter of magenta has it when having 10 to 50% of intensity on the wavelength of 530 nm to the peak of the spectral intensity improves color reproduction nature. [more preferred]

[0149]An example of each wavelength characteristic in each above-mentioned example is shown in drawing 16. Color filter G of green has a beak of spectral intensity in 525 nm. Color filter Y_e of yellow has a peak of spectral intensity in 555 nm. Colored filter C of cyanogen has a peak of spectral intensity in 510 nm. Color filter M of magenta has a peak in 445 nm and 620 nm. To the peak of each spectral intensity as for G 99% C considers it as 97% by Y_e considering it as 95% and M makes 38% each color filter at 530 nm.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] They are a wide angle end at the time of the infinite distance object point focus of Example 1 of the zoom lens of this invention (a) an intermediate state (b) and a lens sectional view in a tele edge (c).

[Drawing 2]It is the same lens sectional view as drawing 1 of the zoom lens of Example 2.

[Drawing 3]It is the same lens sectional view as drawing 1 of the zoom lens of Example 3.

[Drawing 4]It is the same lens sectional view as drawing 1 of the zoom lens of Example 4.

[Drawing 5]It is the same lens sectional view as drawing 1 of the zoom lens of Example 5.

[Drawing 6]It is an optical-path figure at the time of bending at the time of the wide angle end infinite distance object point focus of the zoom lens of Example 1.

[Drawing 7]It is an aberration figure at the time of the infinite distance object point focus of Example 1.

[Drawing 8]It is an aberration figure at the time of the infinite distance object point focus of Example 2.

[Drawing 9]It is an aberration figure at the time of the infinite distance object point focus of Example 3.

[Drawing 10]It is an aberration figure at the time of the infinite distance object point focus of Example 4.

[Drawing 11]It is an aberration figure at the time of the infinite distance object point focus of Example 5.

[Drawing 12]It is a figure for explaining the diagonal length of the effective imaging surface in the case of taking a photograph with an electronic image sensor.

[Drawing 13]It is a figure showing the transmissivity characteristic of an example of a near-infrared sharp cut coat.

[Drawing 14]It is a figure showing the transmissivity characteristic of an example of a color filter provided in the projection surface side of a low pass filter.

[Drawing 15]It is a figure showing color filter arrangement of a complementary color mosaic filter.

[Drawing 16]It is a figure showing an example of the wavelength characteristic of a complementary color mosaic filter.

[Drawing 17]It is a perspective view showing the details of an example of the portion of the brightness diaphragm of each example.

[Drawing 18]It is a figure showing the details of another example of the portion of the brightness diaphragm of each example.

[Drawing 19]It is a front perspective view showing the appearance of the digital camera incorporating the optical-path bending zoom optical system by this invention.

[Drawing 20]It is a back perspective view of the digital camera of drawing 19.

[Drawing 21]It is a sectional view of the digital camera of drawing 19.

[Drawing 22]It is the front perspective view which constructed the optical-path bending zoom optical system by this invention as an objective optical system and opened covering of the ***** personal computer.

[Drawing 23]It is a sectional view of the photographing optical system of a personal computer.

[Drawing 24]It is a side view of the state of drawing 22.

[Drawing 25]The optical-path bending zoom optical system by this invention is constructed as an objective optical system and they are a front view of a ***** cellular phone a side view and a sectional view of the photographing optical system.

[Description of Notations]

G1 -- The 1st lens group

G2 -- The 2nd lens group

G3 -- The 3rd lens group

G4 -- The 4th lens group

P -- Optical-path bending prism

S -- Aperture diaphragm

LF -- Optical low pass filter

CG -- Cover glass

I -- Image surface

E -- Observer eyeball

1A1B1C1D1E -- Opening

one -- A -- ' -- one -- B -- ' -- one -- C -- ' -- one -- D -- ' -- one -- E -- '
-- an opening

10 -- Turret

10' -- Turret

11 -- Axis of rotation

40 -- Digital camera

41 -- Photographing optical system

42 -- Optical path for photography

43 -- Finder optical system

44 -- Optical path for finders

45 -- Shutter

46 -- Flash plate

47 -- Liquid-crystal-display monitor

49 -- CCD

50 -- Cover member

51 -- Processing means

52 -- Recording device

53 -- Objective optical system for finders

55 -- Porro

57 -- Visual field frame

59 -- Eyepiece optical system

112 -- Object lens

113 -- Mirror frame

114 -- Cover glass

160 -- Imaging unit

162 -- Image sensor chip

166 -- Terminal

300 -- Personal computer

301 -- Keyboard
302 -- Monitor
303 -- Photographing optical system
304 -- Photographing optical path
305 -- Picture
400 -- Cellular phone
401 -- Microphone part
402 -- Loudspeaker part
403 -- Input dial
404 -- Monitor
405 -- Photographing optical system
406 -- Antenna
407 -- Photographing optical path
